卢嘉锡 总主编

中国科学技术史

图录卷

金秋鹏 主编

科学出版社

A HISTORY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY IN CHINA

中国科学院“八五”重点研究课题
国家自然科学基金资助
国家“九五”重点图书出版项目
中国科学院自然科学史研究所主办

(N-0308.0101)

ISBN 978-7-03-020274-1

9 787030 202741 >

定　价：200.00 元

卢嘉锡　总主编

中国科学技术史

图　录　卷

金秋鹏　主编

科学出版社
北京

内 容 简 介

本卷以彩色图片为主，辅以精练的文字说明，向人们展示了中国古代科学各学科和技术分支的发展概况，其内容包括农学与生物学、医药学、天文学、数学、地学、物理学、化学、建筑、桥梁、纺织、矿冶、车辆、造船与航海、水利、造纸与印刷、度量衡、陶瓷与漆器、军事技术、西学东渐19门类，是一部比较全面且丰富多彩的关于中国科学技术史的综合性图录著作。

本卷具有较高的学术价值、文化价值和观赏价值，可供读者了解中国历史上科学技术的光辉成就及其发展轮廓，也为国际学术交流、了解中国优秀传统文化提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国科学技术史·图录卷 / 金秋鹏主编. —北京：科学出版社，2008
ISBN 978-7-03-020274-1

Ⅰ. 中… Ⅱ. 金… Ⅲ. 自然科学史-中国-图录 Ⅳ. N092

中国版本图书馆CIP数据核字（2008）第034336号

责任编辑：孔国平 卜 新 / 责任校对：鲁 素
责任印制：钱玉芬 / 封面设计：张 放

科学出版社出版
北京东黄城根北街16号
邮政编码：100717
http://www.sciencep.com

天时彩色印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年5月第 一 版 开本：787×1092 1/16
2008年5月第一次印刷 印张：40 3/4
印数：1—2 500 字数：931 000

定价：200.00元

（如有印装质量问题，我社负责调换〈双青〉）

《中国科学技术史》的组织机构和人员

顾　问（以姓氏笔画为序）

王大珩　王佛松　王振铎　王绶琯　白寿彝　孙　枢　孙鸿烈　师昌绪
吴文俊　汪德昭　严东生　杜石然　余志华　张存浩　张含英　武　衡
周光召　柯　俊　胡启恒　胡道静　侯仁之　俞伟超　席泽宗　涂光炽
袁翰青　徐苹芳　徐冠仁　钱三强　钱文藻　钱伟长　钱临照　梁家勉
黄汲清　章　综　曾世英　蒋顺学　路甬祥　谭其骧

总主编　卢嘉锡

编委会委员（以姓氏笔画为序）

马素卿　王兆春　王渝生　孔国平　艾素珍　丘光明　刘　钝　华觉明
汪子春　汪前进　宋正海　陈美东　杜石然　杨文衡　杨　熇　李家治
李家明　吴瑰琦　陆敬严　罗桂环　周魁一　周嘉华　金秋鹏　范楚玉
姚平录　柯　俊　赵匡华　赵承泽　姜丽蓉　席龙飞　席泽宗　郭书春
郭湖生　谈德颜　唐锡仁　唐寰澄　梅汝莉　韩　琦　董恺忱　傅熹年
廖育群　潘吉星　薄树人　戴念祖

常务编委会

主　　任　陈美东

委　　员（以姓氏笔画为序）

华觉明　杜石然　金秋鹏　赵匡华　唐锡仁　潘吉星　薄树人　戴念祖

编撰办公室

主　　任　金秋鹏

副 主 任　周嘉华　杨文衡　廖育群

工作人员（以姓氏笔画为序）

王扬宗　陈　晖　郑俊祥　徐凤先　康小青　曾雄生

《图录卷》编委会

主　编　金秋鹏

编　委　（以姓氏笔画为序）

王扬宗　王兆春　杨文衡　杨丽凡　吴佩卿

陈美东　何堂坤　武家璧　周嘉华　赵翰生

郭书春　曾雄生　廖育群　潘吉星　戴念祖

审　稿　戴念祖

总　序

中国有悠久的历史和灿烂的文化，是世界文明不可或缺的组成部分，为世界文明做出了重要的贡献，这已是世所公认的事实。

科学技术是人类文明的重要组成部分，是支撑文明大厦的主要基干，是推动文明发展的重要动力，古今中外莫不如此。如果说中国古代文明是一棵根深叶茂的参天大树，中国古代的科学技术便是缀满枝头的奇花异果，为中国古代文明增添斑斓的色彩和浓郁的芳香，又为世界科学技术园地增添了盎然生机。这是自上世纪末、本世纪初以来，中外许多学者用现代科学方法进行认真的研究之后，为我们描绘的一幅真切可信的景象。

中国古代科学技术蕴藏在汗牛充栋的典籍之中，凝聚于物化了的、丰富多姿的文物之中，融化在至今仍具有生命力的诸多科学技术活动之中，需要下一番发掘、整理、研究的功夫，才能揭示它的博大精深的真实面貌。为此，中国学者已经发表了数百种专著和万篇以上的论文，从不同学科领域和审视角度，对中国科学技术史作了大量的、精到的阐述。国外学者亦有佳作问世，其中英国李约瑟(J. Needham)博士穷毕生精力编著的《中国科学技术史》(拟出 7 卷 34 册)，日本薮内清教授主编的一套中国科学技术史著作，均为宏篇巨著。关于中国科学技术史的研究，已是硕果累累，成为世界瞩目的研究领域。

中国科学技术史的研究，包涵一系列层面：科学技术的辉煌成就及其弱点；科学家、发明家的聪明才智、优秀品德及其局限性；科学技术的内部结构与体系特征；科学思想、科学方法以及科学技术政策、教育与管理的优劣成败；中外科学技术的接触、交流与融合；中外科学技术的比较；科学技术发生、发展的历史过程；科学技术与社会政治、经济、思想、文化之间的有机联系和相互作用；科学技术发展的规律性以及经验与教训，等等。总之，要回答下列一些问题：中国古代有过什么样的科学技术？其价值、作用与影响如何？又走过怎样的发展道路？在世界科学技术史中占有怎样的地位？为什么会这样，以及给我们什么样的启示？还要论述中国科学技术的来龙去脉，前因后果，展示一幅真实可靠、有血有肉、发人深思的历史画卷。

据我所知，编著一部系统、完整的中国科学技术史的大型著作，从本世纪 50 年代开始，就是中国科学技术史工作者的愿望与努力目标，但由于各种原因，未能如愿，以致在这一方面显然落后于国外同行。不过，中国学者对祖国科学技术史的研究不仅具有极大的热情与兴趣，而且是作为一项事业与无可推卸的社会责任，代代相承地进行着不懈的工作。他们从业余到专业，从少数人发展到数百人，从分散研究到有组织的活动，从个别学科到科学技术的各领域，逐次发展，日臻成熟，在资料积累、研究准备、人才培养和队伍建设等方面，奠定了深厚而又广大的基础。

本世纪 80 年代末，中国科学院自然科学史研究所审时度势，正式提出了由中国学者编著《中国科学技术史》的宏大计划，随即得到众多中国著名科学家的热情支持和大力推动，得到中国科学院领导的高度重视。经过充分的论证和筹划，1991 年这项计划被正式列为中国科学院“八五”计划的重点课题，遂使中国学者的宿愿变为现实，指日可待。作为一名科技工作者，我对此感到由衷的高兴，并能为此尽绵薄之力，感到十分荣幸。

《中国科学技术史》计分 30 卷，每卷 60 至 100 万字不等，包括以下三类：

通史类(5 卷)：

《通史卷》、《科学思想史卷》、《中外科学技术交流史卷》、《人物卷》、《科学技术教育、机构与管理卷》。

分科专史类(19 卷)：

《数学卷》、《物理学卷》、《化学卷》、《天文学卷》、《地学卷》、《生物学卷》、《农学卷》、《医学卷》、《水利卷》、《机械卷》、《建筑卷》、《桥梁技术卷》、《矿冶卷》、《纺织卷》、《陶瓷卷》、《造纸与印刷卷》、《交通卷》、《军事科学技术卷》、《计量科学卷》。

工具书类(6 卷)：

《科学技术史词典卷》、《科学技术史典籍概要卷》(一)、(二)、《科学技术史图录卷》、《科学技术年表卷》、《科学技术史论著索引卷》。

这是一项全面系统的、结构合理的重大学术工程。各卷分可独立成书，合可成为一个有机的整体。其中有综合概括的整体论述，有分门别类的纵深描写，有可供检索的基本素材，经纬交错，斐然成章。这是一项基础性的文化建设工程，可以弥补中国文化史研究的不足，具有重要的现实意义。

诚如李约瑟博士在 1988 年所说："关于中国和中国文化在古代和中世纪科学、技术和医学史上的作用，在过去 30 年间，经历过一场名副其实的新知识和新理解的爆炸"(中译本李约瑟《中国科学技术史》作者序)，而 1988 年至今的情形更是如此。在 20 世纪行将结束的时候，对所有这些知识和理解作一次新的归纳、总结与提高，理应是中国科学技术史工作者义不容辞的责任。应该说，我们在启动这项重大学术工程时，是处在很高的起点上，这既是十分有利的基础条件，同时也自然面对更高的社会期望，所以这是一项充满了机遇与挑战的工作。这是中国科学界的一大盛事，有著名科学家组成的顾问团为之出谋献策，有中国科学院自然科学史研究所和全国相关单位的专家通力合作，共襄盛举，同构华章，当不会辜负社会的期望。

中国古代科学技术是祖先留给我们的一份丰厚的科学遗产，它已经表明中国人在研究自然并用于造福人类方面，很早而且在相当长的时间内就已雄居于世界先进民族之林，这当然是值得我们自豪的巨大源泉，而近三百年来，中国科学技术落后于世界科学技术发展的潮流，这也是不可否认的事实，自然是值得我们深省的重大问题。理性地认识这部兴盛与衰落、成功与失败、精华与糟粕共存的中国科学技术发展史，引以为鉴，温故知新，既不陶醉于古代的辉煌，又不沉沦于近代的落伍，克服民族沙文主义和虚无主义，清醒地、满怀热情地弘扬我国优秀的科学技术传统，自觉地和主动地缩短同国际先进科学技术的差距，攀登世界科学技术的高峰，这些就是我们从中国科学技术史全面深入的回顾与反思中引出的正确结论。

许多人曾经预言说，即将来临的 21 世纪是太平洋的世纪。中国是太平洋区域的一个国家，为迎接未来世纪的挑战，中国人应该也有能力再创辉煌，包括在科学技术领域做出更大的贡献。我们真诚地希望这一预言成真，并为此贡献我们的力量。圆满地完成这部《中国科学技术史》的编著任务，正是我们为之尽心尽力的具体工作。

卢嘉锡

1996 年 10 月 20 日

前　言

作为一个文明传承连绵不断的古国，中国有着极其深厚的文化积淀。其中，不仅有浩若烟海的文字典籍，而且留存了难以计数的有形有像的文物。从科学技术史的视角，对有关图像进行收集、整理和研究，在过去虽不乏其人，但多是专科性的或零散的，如已出版的天文、星图、算盘、地图、医学、农学、建筑、桥梁、水利、古船等图片以及散见于各种历史著作的插图。另有一些是与技术有关的图像著作，如陶瓷、青铜器、纺织品、漆器、兵器等。在整体上系统整理和研究与科学技术有关的历史图片至今仍是空白。本卷正是基于此而编录的。

本卷的资料来源于文物和考古发掘、传世的历史图画、各种碑刻、壁画、古籍插图、国外有关中国历史的出版物插图等。其中，有些图片是过去人们不太留意的，经本卷作者的探讨和研究，被赋予科学价值。这些图片经过精心选择，按科学学科和技术分支进行分类，全卷收录图片 900 多幅，以彩色图片为主。本卷所具有的学术价值、文化价值和观赏价值可见一斑。其目的是使读者能够较全面地了解中国历史上科学技术的光辉成就及其发展轮廓。

本卷以图片为主，辅以精练的文字说明，向人们展示了中国古代各科学学科和各技术分支的发展概况，内容包括农学与生物学、医药学、天文学、数学、地学、物理学、化学、建筑、桥梁、纺织、矿冶、车辆、造船与航海、水利、造纸与印刷、度量衡、陶瓷与漆器、军事技术、西学东渐 19 门类，是一部比较全面且丰富多彩的关于中国科学技术史的综合性图录著作。

图录是比较容易阅读和被接受的读物，本卷通过图片形象地展示中国历史上的科学技术，对于宣扬和普及科学文化具有深远的意义：除可作为科学技术、社会科学及人文科学工作者的参考用书外，因图片本身的通俗、形象、生动，故具有广泛的读者面，尤可作为具有特殊意义的教育用书；在进行国际学术交流、宣扬中国优秀传统文化、让更多的外国人了解中国等方面将会起到一定的作用。

虽然我们做了很大的努力，力求尽可能全面系统地反映历史上中国的科学技术文明，但是由于种种原因，许多科技文物随着岁月流逝。特别是一些较抽象的学科，如历史上曾经相当发达的数学，本来形象资料就较少，加上在漫长岁月中的散失，现能看到的实物和图片就更是屈指可数了。因此这里所展示的，只不过是中国科学技术史上的一些片段或侧面而已，远非中国科学技术史的全貌。尽管如此，收入本卷的图片已足以向人们展示中国历史上的科学技术曾经有过的辉煌。

由于现存的图片资料分散在全国各地，受到人力、物力以及其他条件的限制，我们不可能对历史图像进行一一拍照。在本卷编撰过程中，我们得到了众多博物馆的大力支持，如中国国家博物馆、故宫博物院、南京博物院、上海博物馆、河南省博物院、陕西省博物馆、广东省博物馆、安徽省博物馆、湖北省博物馆、江西省博物馆、扬州市博物馆、镇江市博物馆、泉州海外交通史博物馆等，在此谨向他们致以衷心的感谢。本卷也利用和参考了大量已有的成果，我们亦不敢忘记，在参考文献中一一列出，以示谢意。许多专家、学者为本卷建

言献策，中国科学院自然科学史研究所图书馆给予热情帮助，在此一并致谢。

编撰一部涵盖多学科多分支的科学技术史图录，应该说还是属于尝试性的工作。我们的学识、精力、能力有限，错讹之处尚请各界学者批评、指正。

金秋鹏

2002年春节

目　录

总序 …… 卢嘉锡
前言 …… 金秋鹏
第一章　农学与生物学……（1）
神农执耜画像……（2）
石磨盘与石磨棒 ……（3）
石斧 ……（3）
石镈……（4）
河姆渡出土的骨耜 ……（4）
石镰……（5）
石铲……（5）
铁搭……（6）
牛耕图 ……（7）
牛耕播种画像石 ……（7）
江东犁 ……（7）
番社采风图·耕种 ……（8）
耙图 ……（9）
耢图 ……（10）
耕、耙、耱图 ……（10）
耖图 ……（12）
耧车图 ……（13）
秧马图 ……（14）
铁锄 ……（14）
耘荡图 ……（14）
田漏图 ……（15）
耧锄图 ……（15）
水车图 ……（16）
筒车图 ……（17）
滑车图 ……（18）
推镰 ……（18）
番社采风图·刈禾 ……（18）
风车 ……（18）
水轮三事 ……（18）
绿釉陶作坊 ……（20）
河姆渡稻谷遗存 ……（20）
半坡陶罐和粟粒 ……（21）
金文中蔑字 ……（21）
采桑图 ……（22）
宋代蚕织图 ……（22）
蚕桑图 ……（22）
《御题棉花图册》书影 ……（22）
木棉图 ……（25）
甘薯图 ……（25）
玉蜀黍 ……（25）
西瓜图 ……（26）
西瓜碑 ……（26）
葡萄虫草图 ……（27）
橙黄橘绿 ……（27）
野蔬草虫 ……（28）
牡丹图 ……（28）
“众人协田”牛骨刻辞 ……（28）
代田示意图 ……（29）
陈旉《农书》书影 ……（29）
拾粪画像石 ……（30）
陈旉《农书》书影 ……（30）
淤荫图 ……（31）
授时指掌活法之图 ……（31）
地利图 ……（31）
围田图 ……（31）
秦九韶《数书九章》中的围田图 ……（33）
架田图 ……（34）
柜田图 ……（34）
梯田图 ……（34）
耕获图 ……（35）
《南方草木状》有关生物防治的记载 ……（36）
陶猪圈 ……（36）
彩陶上的鹳鱼图 ……（37）
云南江川出土青铜臂甲展开图 ……（37）

《管子·地员篇》 …… (37)
陶猪模型 …… (39)
阉牛图 …… (40)
帛书《相马经》 …… (40)
《齐民要术》中有关马驴杂交的记载 …… (41)
《齐民要术》书影 …… (41)
《山居录》书影 …… (42)
《茶经》书影 …… (42)
陈旉《农书》书影 …… (42)
《农桑辑要》书影 …… (43)
王祯《农书》书影 …… (44)
《农桑衣食撮要》书影 …… (44)
《元亨疗马集》书影 …… (44)
《农政全书》书影 …… (44)
《授时通考》书影 …… (47)
《夏小正》书影 …… (47)
《诗经》书影 …… (49)
《尔雅》书影 …… (49)
《南方草木状》书影 …… (49)
汉代斗鸡画像石 …… (50)
《鸡谱》书影 …… (50)
《植物名实图考》书影 …… (51)
农学报 …… (52)
第二章　医药学 …… (53)
药材标本 …… (53)
药物粉碎工具 …… (54)
帛书《五十二病方》 …… (55)
帛画《导引图》 …… (56)
帛书《脉经》 …… (57)
竹简《养生方》 …… (57)
却谷食气 …… (58)
砭石与金针 …… (58)
医工盆 …… (59)
太医丞印 …… (59)
今本《黄帝内经》 …… (59)
《神农本草经》 …… (60)
伤寒杂病论 …… (60)
《难经》 …… (62)
神医画像石 …… (62)
五禽戏图 …… (62)
《脉经》 …… (64)
《本草经集注》 …… (64)
越窑药壶 …… (64)
《新修本草》 …… (65)
千金方 …… (66)
艾灸图 …… (66)
南宋沉船出土的香料、药物 …… (66)
《洗冤集录》 …… (68)
《和剂局方》 …… (68)
针灸铜人 …… (68)
《饮膳正要》 …… (70)
神农采药图 …… (71)
《素问·玄机原病式》 …… (72)
《脾胃论》 …… (72)
《格致余论》 …… (73)
《本草纲目》 …… (73)
《本草品汇精要》 …… (74)
修事云母 …… (75)
点眼图 …… (75)
《瘟疫论》 …… (75)
《傅青主女科》 …… (77)
《医林改错·亲见改正脏腑图》 …… (78)
内景图 …… (79)
外科手术刀具 …… (79)
按摩导引养生秘法图 …… (81)
太医院按摩器 …… (81)
药铺图 …… (82)
上海苏州河畔的中央医院 …… (83)
同仁堂配方 …… (83)
竹拔火罐 …… (84)
藏医脉络图 …… (84)
蒙医药包、拔火罐 …… (85)
《医方类聚》 …… (85)
第三章　天文学 …… (86)
河南省濮阳市出土的龙虎北斗图 … (87)
曾侯乙墓出土的漆箱盖面星象与箱面展开图 …… (88)

“五星出东方利中国”锦质护膊古四象图 …… (88)
西安交通大学西汉墓星图 …… (89)
敦煌星图甲本 …… (90)
吐鲁番星占星图 …… (92)
苏颂星图 …… (93)
苏州石刻天文图碑 …… (96)
辽墓彩绘星图 …… (97)
北京隆福寺正觉殿藻井天文图 …… (97)
天文节候躔次全图 …… (97)
赤道南北两总星图 …… (99)
蒙文石刻天文图 …… (100)
傣文石刻天文图 …… (100)
《石氏星经》书影 …… (101)
元代星图式星表 …… (101)
甲骨天文记事 …… (102)
帛书彗星图 …… (103)
太阳黑子记录 …… (105)
1054 年超新星记录 …… (106)
唐僖宗乾符四年历书 …… (106)
汉魏天文台遗址 …… (106)
河南登封观星台 …… (107)
西汉漏壶 …… (108)
唐代吕才漏刻 …… (110)
宋代燕肃莲花漏 …… (110)
元代延祐漏壶 …… (111)
北京故宫交泰殿漏壶 …… (112)
晷仪 …… (112)
西安清真大寺地平式日晷 …… (113)
北京故宫太和殿前赤道式日晷 … (114)
周公测景台 …… (115)
东汉铜圭表 …… (115)
北京观象台圭表 …… (116)
水运仪象台 …… (117)
明仿制浑仪 …… (117)
明仿制简仪 …… (118)
明清北京观象台 …… (119)
赤道经纬仪 …… (119)
天球仪 …… (120)
黄道经纬仪 …… (120)
地平经仪 …… (121)
象限仪 …… (121)
纪限仪 …… (121)
地平经纬仪 …… (122)
玑衡抚辰仪 …… (122)
七政仪 …… (123)
齐彦槐天球仪 …… (123)
第四章　数学 …… (125)
陶器几何图形 …… (127)
规矩 …… (127)
结绳记数与书契 …… (128)
陶文数字 …… (129)
刻有数字的甲骨及其释文 …… (129)
算筹与记数法 …… (131)
九九表 …… (132)
《算数书》 …… (133)
勾股圆方图 …… (133)
《九章算术》书影 …… (134)
《九章算术》解勾股形图 …… (134)
一次测望图 …… (136)
刘徽的极限思想和无穷小分割方法 …… (136)
重差图 …… (137)
不定问题 …… (138)
《隋书·律历志》关于祖冲之圆周率的记载 …… (139)
敦煌算书 …… (140)
十部算经 …… (140)
贾宪三角 …… (142)
《数书九章》插图(一) …… (142)
《数书九章》插图(二) …… (144)
圆城图式 …… (144)
宋元算书 …… (146)
梯法七乘方图 …… (148)
四元自乘演段图 …… (148)
勾股五和五较自乘演段图 …… (149)
纵横图 …… (150)
珠算盘 …… (151)

珠算书和程大位 …… (152)
李善兰和尖锥术 …… (152)
第五章　地学 …… (155)
太保相宅图 …… (155)
《兆域图》 …… (155)
放马滩一号秦墓木板地图 …… (156)
放马滩五号西汉墓纸质地图 …… (158)
西汉马王堆地形图 …… (159)
西汉马王堆驻军图和城邑图 …… (159)
东汉式盘 …… (159)
东汉测风器 …… (160)
东汉地动仪模型 …… (162)
唐《地志》和《占云气书》 …… (163)
兴庆宫图碑 …… (164)
九域守令图碑 …… (165)
禹迹图碑 …… (165)
华夷图碑 …… (165)
平江图碑 …… (167)
地理图碑 …… (170)
静江府(今桂林市)城图 …… (170)
杨子器跋舆地图(局部) …… (171)
《广舆图》之《舆地总图》 …… (172)
明代绢本《南京府县地图册》 …… (172)
《皇舆全览图》 …… (173)
《乾隆内府舆图》(铜版) …… (173)
邹伯奇绘《皇舆全图总图》 …… (176)
清代测绘仪器 …… (177)
国璋《重庆府治全图》 …… (177)
第六章　物理学 …… (179)
朱雀铜灯 …… (179)
铜奔马 …… (180)
杠杆 …… (181)
滑轮 …… (181)
陀螺 …… (182)
陀螺仪 …… (182)
风筝 …… (183)
喷水龙洗 …… (184)
长信宫灯 …… (184)
西汉雁鱼形灯具 …… (184)
西汉平面镜 …… (184)
平面镜照容绘画 …… (185)
凸面镜 …… (186)
西周素背面凹面镜 …… (187)
春秋凹面镜 …… (187)
战国凹面镜 …… (188)
阳燧陶范 …… (188)
汉代反射镜 …… (189)
战国透光镜 …… (189)
西汉透光镜 …… (189)
明代眼镜绘画 …… (190)
伽利略式望远镜 …… (190)
反射望远镜 …… (191)
显微镜 …… (192)
幻灯机 …… (193)
摄影器 …… (194)
皮影戏绘画 …… (194)
邹伯奇自拍照 …… (195)
贾湖骨笛 …… (195)
战国竹笛 …… (195)
均钟木 …… (196)
笙簧 …… (196)
河南淅川下寺楚编钟 …… (197)
山西侯马编钟 …… (197)
曾侯乙编钟 …… (198)
汉代律管 …… (199)
造琴绘画 …… (199)
琴阮合奏 …… (200)
瓮听 …… (200)
平均律弦乐器 …… (201)
平均律律管和排箫 …… (201)
北京天坛圜丘和回音壁 …… (202)
莺莺塔 …… (203)
司南 …… (203)
宋代针碗 …… (204)
水浮指南鱼 …… (204)
木刻指南鱼 …… (205)
木刻指南龟 …… (205)
宋代旱罗盘 …… (206)

元代堪舆铜罗盘拓片 …… (206)
瓷盘式罗盘 …… (206)
明代铜水罗盘 …… (208)
明代航海用水罗盘 …… (208)
堪舆"三针"说 …… (208)
清代旱罗盘 …… (209)
清造指南针 …… (210)
清制陀螺地平仪 …… (210)
保温器 …… (210)
省油灯盏 …… (210)
第七章　化学 …… (212)
《道藏》著作中著名炼丹家的画像 … (212)
《道藏》著作中的炼丹器具 …… (214)
出土的唐代炼丹药物及器具 …… (214)
壁画和插图中的炼丹活动 …… (217)
明代的制药与炼丹 …… (218)
名画中的炼丹与制药的信息 …… (219)
宋代的池盐生产 …… (220)
河东盐池图碑 …… (220)
宋代的海盐生产 …… (223)
《熬波图》所介绍的海盐生产 …… (224)
清代的海盐生产 …… (224)
东汉画像砖中的井盐生产 …… (228)
《天工开物》所描述的井盐生产 … (229)
云南的井盐生产 …… (231)
战国墓出土的古酒 …… (233)
东汉画像砖所描绘的酒肆 …… (234)
宋代时的一页酒帐 …… (234)
两具能蒸馏的青铜器 …… (234)
红曲生产工艺 …… (236)
明代酿酒工艺图 …… (238)
四川成都水井街酿酒遗址 …… (238)
江西进贤李渡酿酒作坊遗址 …… (240)
冰糖的制取 …… (240)
明代的几项化工生产 …… (240)
制墨工艺 …… (242)
古代的鎏金工艺 …… (243)
第八章　建筑 …… (244)
河姆渡干栏建筑榫卯构件 …… (244)
西安半坡遗址之房屋 …… (246)
河南偃师二里头一号宫殿复原图 … (246)
西周瓦屋 …… (246)
西周召陈瓦屋 …… (247)
战国铜器建筑刻纹 …… (247)
秦咸阳宫一号宫殿遗址 …… (249)
东汉石雕仓楼 …… (249)
湖北云梦东汉陶屋 …… (250)
灵宝张湾汉陶屋 …… (250)
汉代宫阙画像砖 …… (250)
山东苍山县东汉民居画像石 …… (252)
山东潘家疃重楼画像石 …… (252)
山东旧县村东汉庭院画像石 …… (253)
成都羊子山汉庭院画像砖 …… (253)
四川汉木构长屋画像砖 …… (255)
汉双阙杆栏建筑画像砖 …… (255)
内蒙古和林格尔汉墓壁画《宁城图》之官衙建筑 …… (255)
晋初瓷院落 …… (256)
嵩岳寺塔 …… (257)
隋唐长安布局图 …… (257)
隋唐东京布局图 …… (259)
山西五台佛光寺大殿 …… (259)
山西五台南禅寺正殿 …… (261)
兴教寺玄奘塔 …… (261)
西安大、小雁塔 …… (262)
敦煌莫高窟宅院壁画 …… (262)
镇国寺万佛殿 …… (263)
独乐寺观音阁 …… (264)
晋祠圣母殿 …… (264)
华严寺大雄宝殿 …… (265)
苏州玄妙观三清殿 …… (265)
宋代建筑构架 …… (267)
定州开元寺塔 …… (268)
应县木塔 …… (268)
泉州开元寺仁寿塔 …… (269)
苏州报恩寺塔 …… (270)
浙江湖州飞英塔 …… (270)
觉山寺塔 …… (271)

兴圣教寺塔 …… (272)
当阳铁塔 …… (272)
福州陶塔 …… (273)
元大都平面复原图 …… (273)
明北京城图 …… (275)
故宫 …… (275)
长城 …… (277)
天坛祈年殿 …… (277)
泉州开元寺大殿 …… (279)
无梁殿建筑 …… (279)
拙政园 …… (279)
飞云楼 …… (281)
福建客家土楼 …… (282)
清末有关建筑技术的绘画 …… (282)
第九章　桥梁 …… (284)
甘肃兰州握桥 …… (285)
浙江武义熟溪桥 …… (285)
湖南醴陵渌江桥 …… (286)
甘肃文县阴平桥 …… (286)
广西三江程阳桥 …… (287)
浙江鄞县百梁桥 …… (287)
福建永春东关桥 …… (288)
福建安海镇安平桥 …… (288)
福建泉州洛阳桥 …… (289)
福建莆田宁海桥 …… (289)
福建漳州江东桥 …… (290)
浙江衢县神仙桥 …… (290)
浙江丽水桃花桥 …… (291)
河北满城方顺桥 …… (291)
河南临颍小商桥 …… (292)
河北赵县安济桥 …… (292)
河北永通桥 …… (293)
河北济美桥 …… (293)
河北桥楼殿 …… (294)
陕西龙桥 …… (294)
苏州枫桥 …… (295)
江西庐山栖贤寺桥 …… (295)
山东泗水卞桥 …… (296)
浙江吴兴双林三桥 …… (296)
广西桂林花桥 …… (297)
上海青浦朱家角放生桥 …… (297)
浙江兰溪通州桥 …… (298)
浙江余杭广济桥 …… (298)
云南禄丰星宿桥 …… (299)
安徽休宁登封桥 …… (299)
陕西华县桥上桥 …… (300)
苏州宝带桥 …… (300)
江苏吴江垂虹桥 …… (301)
北京颐和园十七孔桥 …… (301)
北京颐和园玉带桥 …… (301)
苏州吴门桥 …… (302)
云南建水双龙桥 …… (303)
贵州镇远祝圣桥 …… (303)
扬州瘦西湖五亭桥 …… (304)
北京卢沟桥 …… (304)
福建归泗桥 …… (305)
福建横溪桥 …… (305)
福建屏南千乘桥 …… (305)
福建屏南万安桥 …… (305)
《清明上河图》中之虹桥 …… (307)
四川泸定桥 …… (307)
云南霁虹桥 …… (308)
西藏墨脱藤网桥 …… (308)
潮州广济桥 …… (309)
太原晋祠鱼沼飞梁 …… (309)
第十章　纺织 …… (310)
商雷纹条花绮印痕玉戈 …… (311)
河北藁城商代麻布残片 …… (311)
西周辫子股刺绣印痕 …… (312)
西周方格彩罽 …… (312)
战国飞凤纹绣浅黄绢衾 …… (313)
战国蟠龙飞凤纹绣浅黄绢衾 …… (313)
战国龙凤虎纹绣罗 …… (314)
西汉绒圈锦 …… (314)
西汉黄地印花敷彩纱 …… (315)
西汉素纱禅衣 …… (315)
西汉泥金银印花纱 …… (316)
西汉漆缣纱冠 …… (316)

江苏泗洪曹庄汉画像石……（317）
汉代纺织鼓形贮贝器 ……（317）
东汉红地“韩仁绣”锦 ……（318）
东汉人物葡萄纹毛织品……（318）
东晋织成履 ……（319）
北朝方格兽纹锦 ……（319）
唐浅棕地团窠印花缣 ……（320）
唐代“四骑士”狩猎纹锦 ……（320）
拜占庭纹织物上的变体联珠团窠纹
……（321）
叙利亚纹织物上的对人对兽纹 …（321）
唐代棕色绞缬绢 ……（322）
唐代缠枝莲舞狮子纹锦……（322）
唐代印花蜡缬纱 ……（322）
唐代张萱《捣练图》 ……（323）
宋代灵鹫球纹锦袍 ……（324）
宋代球路双鸟纹锦 ……（324）
南宋矩纹纱交领单衫 ……（325）
南宋深烟色牡丹花纹背心 ……（325）
南宋沈子蕃缂丝山水轴……（326）
《耕织图》 ……（327）
金代烟色地双鸾朵梅织金锦绵男
护胸 ……（328）
元代红地龟背团龙凤纹纳石矢佛
衣披肩 ……（328）
元代棕色罗刺绣花鸟纹夹衫……（329）
小纺车 ……（329）
大纺车 ……（330）
罗机子 ……（331）
立机子 ……（331）
万历皇帝缂丝十二章衮服 ……（331）
明代孝靖皇后洒线蹙金龙百子戏女
夹衣 ……（333）
明代红地织金锦蒲龙凤罗 ……（333）
明代圆金地鸾凤牡丹纹缂丝团补 …（334）
花机图 ……（334）
清代折枝花蝶妆花缎女帔 ……（334）
清代杏黄地缠枝莲妆花缎 ……（336）
清代敷彩团花漳缎 ……（337）
水纺车 ……（338）
顾绣西湖画册之一 ……（339）
清代《苏州织造局图》碑 ……（340）
第十一章　矿冶 ……（341）
临潼姜寨黄铜片（金相组织） ……（341）
长岛店子黄铜片（金相组织） ……（342）
齐家文化七角星纹镜 ……（342）
二里头铜爵……（343）
镶嵌绿松石饕餮纹铜饰牌 ……（343）
张寨乳钉纹大方鼎 ……（344）
新干直刃直背尖翘首蝉纹短柄大刀
……（344）
司母戊大方鼎 ……（345）
四羊尊 ……（346）
江西铜岭木滑车……（346）
三门峡玉柄钢剑 ……（347）
铜绿山船形木斗 ……（348）
长沙杨家山钢剑 ……（348）
少虞剑 ……（349）
曾侯乙尊盘 ……（349）
蟠螭纹带盖金鼎 ……（350）
叠铸泥范 ……（351）
兴隆铁范 ……（352）
雨台山白点花纹剑 ……（352）
包山铁斧 ……（353）
铜绿山汉代采矿平巷 ……（354）
保留至今的西汉白兔井 ……（355）
东汉画像砖上的盐卤开采图 ……（356）
西汉银豆 ……（356）
宏道院东汉画像石中的锻铁图 …（357）
洛阳坩埚附着钢块及其金相组织
……（358）
中平百炼钢刀 ……（358）
北京东汉内向连弧纹镜（金相组织）
……（359）
鎏金画纹带神兽镜 ……（359）
大业九年墓铁镜（金相组织） ……（361）
沧州铁狮子 ……（361）
《武经总要》所载“行炉”图 ……（362）

敦煌榆林窟西夏(1038～1227)锻铁图 …… (363)
元王祯《农书》所载水排图 …… (363)
明《天工开物》所载“煤炭烧砖窑”图 …… (365)
明《天工开物》所载“琢玉”图 …… (365)
《天工开物》所载“生熟炼铁炉”图 … (366)
《天工开物》所载“炼锡炉”图 …… (367)
《天工开物》所载“升炼倭铅”图 … (367)
《天工开物》所载“铸千斤钟与仙佛像图” …… (368)
永乐大钟 …… (369)
明“宣德”年款炉 …… (370)
《天工开物》所载“锤锚图” …… (370)
《天工开物》所载“抽线琢针图” … (372)
《天工开物》所载“锤钲与镯图” … (372)
清《四川盐法志》所载转槽子 …… (373)
清《四川盐法志》所载“锉大口图” …… (374)
清《四川盐法志》所载“井火煮盐图” …… (374)
江西铅山的胆水炼铜法 …… (375)
第十二章　车辆 …… (377)
车马坑(商代) …… (378)
车马坑(西周) …… (378)
车马出行漆画(战国) …… (379)
秦始皇陵铜马车 …… (380)
秦始皇陵二号铜马车 …… (380)
马王堆汉墓帛画车马仪仗图(西汉) …… (381)
大葆台汉墓马车(西汉) …… (382)
木轺车(西汉) …… (383)
轺车壁画(东汉) …… (383)
铜轺车(东汉) …… (384)
君车画像石(东汉) …… (384)
施耳轺车画像砖(东汉) …… (385)
轩车画像石(东汉) …… (385)
安车石阙画像(东汉) …… (386)
斧车画像砖(东汉) …… (386)
轺车骖驾画像砖(东汉) …… (387)
辎车画像石(东汉) …… (387)
軿车画像石(东汉) …… (387)
戏车画像石(东汉) …… (389)
青铜輦车(东汉) …… (389)
青铜輦车 (东汉) …… (389)
輦车画像砖(东汉) …… (390)
鹿王本生壁画之马车(北魏) …… (390)
涅槃经变壁画之驷马车(盛唐) … (392)
《回鹘公主出行图》中的马车(五代) …… (392)
《清明上河图》中的驴车(北宋) … (393)
陶马车(元) …… (393)
木牛车(西汉) …… (394)
陶塑栈车(东汉) …… (394)
陶牛车(西晋) …… (395)
元邵墓陶牛车(北魏) …… (395)
司马金龙墓漆画通幰车(北魏) … (396)
张肃俗墓陶牛车(北齐) …… (397)
铜牛车(北朝) …… (397)
偏幰牛车画像砖(南朝) …… (398)
陶犊车(隋) …… (398)
敦煌壁画牛车(隋) …… (399)
木牛车(唐) …… (399)
陶犊车(唐) …… (399)
《清明上河图》中的牛车(北宋) … (400)
《溪山行旅图》之牛车(南宋) …… (401)
制车画像石(东汉) …… (402)
牛羊车画像石(东汉) …… (402)
韩师训墓壁画驼车(辽) …… (402)
驼车壁画(辽) …… (403)
独轮车石阙画像(东汉) …… (404)
独轮车壁画(十六国) …… (404)
卤簿玉辂图(南宋) …… (404)
朱悦燫墓陶象辂(明) …… (404)
双轮推车版画(明) …… (406)
第十三章　造船与航海 …… (407)
内蒙古阿里河鄂伦春族近代木筏(线图) …… (407)

独木舟(唐) …… (407)
木板船(线图)(隋) …… (408)
舫(东晋) …… (408)
篙(明) …… (409)
雕花木桨(线图) …… (410)
西汉十六桨木船(线图) …… (410)
《清明上河图》之摇橹图 …… (410)
帆 …… (411)
硬帆 …… (412)
船尾舵桨(西汉) …… (412)
船尾舵 …… (413)
平衡舵 …… (413)
元代碇石 …… (414)
四爪锚 …… (414)
隋炀帝的龙舟 …… (415)
南宋海船 …… (415)
尖底海船多层板结构 …… (415)
水密隔舱 …… (416)
舵杆(明) …… (417)
船用绞关木(明) …… (417)
郑和宝船复原模型(明) …… (418)
货船(北宋) …… (418)
客船(北宋) …… (419)
漕船(清代) …… (419)
车船 …… (419)
渔猎攻战纹铜壶(战国) …… (419)
蒙冲(宋) …… (420)
斗舰(宋) …… (421)
海鹘船(宋) …… (422)
福船(明) …… (422)
广东船(清) …… (423)
沙船(明) …… (423)
季风的利用 …… (424)
过洋牵星术 …… (424)
指南针 …… (424)
针经和航海图(明) …… (427)
第十四章　水利 …… (429)
大鲧治水图 …… (429)
治水庆功图 …… (429)
大禹陵(浙江绍兴) …… (429)
禹王庙 …… (431)
邗沟 …… (432)
《都江堰图》 …… (432)
灵渠 …… (432)
郑国渠 …… (433)
汉白渠渠口 …… (433)
新疆坎儿井 …… (434)
治水画像石 …… (435)
唐龙安陟门 …… (435)
唐《水部式》 …… (436)
莆田镇海堤 …… (437)
大运河 …… (438)
宋丰利渠 …… (438)
宋洪水题刻 …… (439)
涪陵白鹤梁及石鱼 …… (440)
宋代莆田木兰陂 …… (440)
金中都(今北京)水关遗址 …… (441)
李好文《长安志图》中的"泾渠总图"(元) …… (441)
富平县境石川溉田图 …… (442)
黄河坝埽 …… (443)
金刚堤 …… (443)
江防海防图(明) …… (444)
《黄河图说》碑拓片(明) …… (445)
《黄河河工图》(局部,济南至黄河穿过运河部分)(清) …… (445)
河防一览图(明) …… (446)
长江中下游和运河合图(清) …… (447)
运河全图(清) …… (449)
第十五章　造纸与印刷 …… (451)
商代(公元前 1600～前 1300)刻在龟甲上的象形文字 …… (452)
史墙盘铭文拓片 …… (452)
纸问世前的绢帛书写材料 …… (452)
居延汉代木简 …… (454)
漂絮图 …… (454)
西汉放马滩麻纸 …… (454)
西汉灞桥麻纸 …… (456)

写有文字的西汉麻纸 …… (456)
有书写文字的汉代麻纸 …… (457)
敦煌马圈湾麻纸 …… (457)
汉肩水金关纸 …… (459)
东汉信纸 …… (459)
汉代造麻纸工艺流程图 …… (460)
麻纸写本《譬喻经》 …… (461)
东晋写本《三国志》残卷 …… (461)
纸绘设色人物图 …… (463)
剪纸 …… (463)
唐初麻料硬黄纸写《妙法莲华经》 … (464)
桑皮纸彩绘《五牛图》 …… (465)
北宋李建中《同年帖》 …… (466)
北宋米芾《珊瑚帖》 …… (467)
清仿元代明仁殿纸 …… (467)
明宣德年造描金云龙纹彩色粉纸 …… (468)
《天工开物》中造竹纸流程图…… (468)
《梦溪笔谈》书影 …… (470)
清代梅花玉版笺 …… (470)
描金山水蜡笺 …… (471)
西方人笔下的19世纪清代人造皮纸工艺图 …… (471)
唐太宗御书《温泉铭》刻石拓印本 … (472)
唐初刻梵文陀罗尼咒印本之一页 …… (472)
唐武周刻本《无垢净光大陀罗尼经》 …… (473)
唐咸通九年刊卷子本《金刚经》 … (474)
济南刘家针铺广告铜铸印版 …… (475)
北宋刻印书籍图 …… (475)
北宋雕印大藏经之一页 …… (476)
南宋刊桑皮纸书本之一页 …… (476)
《四美人图》 …… (477)
西夏文木活字本书影 …… (478)
《梦溪笔谈》书影 …… (478)
北宋泥活字本《无量寿佛经》…… (479)
西夏文泥活字印经折本《维摩诘所说经》 …… (479)
金代印"贞祐宝券"拓片 …… (479)
王祯《农书》载《造活字印书法》 … (479)
回鹘文木活字 …… (482)
朱、墨双色印本《金刚经注》 …… (482)
"大明通行宝钞"铜版 …… (483)
《容斋随笔》书影 …… (484)
明铜活字蓝墨印本《墨子》书影 … (484)
明彩色套印本《十竹斋书画谱》 … (484)
明彩色套印本《萝轩变古笺谱》 … (485)
清木活字印书工艺过程图 …… (486)
木活字本《武英殿聚珍版程式》 … (487)
清翟金生刊泥活字本《泥版试印初编》 …… (488)

第十六章　度量衡 …… (489)

商代牙尺 …… (489)
战国铜尺 …… (490)
满城汉墓铁尺 …… (490)
贵县罗泊湾木尺 …… (490)
宁夏固原象牙尺 …… (490)
梧州铜尺 …… (490)
甘肃定西铜丈 …… (492)
嘉峪关骨尺 …… (492)
唐代象牙尺 …… (492)
唐木尺 …… (494)
新莽铜卡尺 …… (494)
战国廪陶量 …… (494)
战国子禾子釜、陈纯釜 …… (495)
安邑下官钟 …… (496)
战国楚铜量 …… (496)
商鞅铜方升 …… (497)
秦廿六年诏版、秦二世诏版 …… (497)
始皇廿六年诏方升、椭量 …… (498)
秦始皇诏陶量 …… (498)
平都铜椭量 …… (499)
满城汉铜量 …… (499)
满城汉镀 …… (500)
代食官糟钟 …… (500)
夷道官铜斛 …… (501)
新莽诏版 …… (501)

新莽铜簋 …… (502)
新莽铜方斗 …… (502)
新莽铜嘉量 …… (503)
建武十一年大司农铜平斛 …… (503)
光和二年大司农铜平斛 …… (504)
春秋齐铜权 …… (505)
战国楚天平 …… (505)
王字铜衡杆 …… (506)
战国砝码范 …… (506)
高奴铜权 …… (506)
始皇诏八斤铜权 …… (507)
始皇诏十六斤铜权 …… (508)
始皇诏铁权 …… (508)
秦两诏铜权 …… (509)
大骰铜权 …… (509)
官累铜权 …… (510)
武库一斤铜权 …… (510)
汉代竹衡杆、环铜权 …… (511)
新莽铜衡杆、铜环权 …… (511)
铁秤砣 …… (513)
铜秤砣 …… (513)
武平铁秤砣 …… (514)
熙宁铜砣 …… (514)
金朝铜砝码 …… (515)
大都铜砣 …… (515)
万历戥子 …… (516)
清宫天平 …… (516)
绘画艺术中的衡器 …… (517)
朱氏三种尺 …… (519)
朱载堉累黍度量 …… (519)
第十七章　陶瓷与漆器 …… (520)
中国最早的陶器 …… (520)
原始的烧陶技术 …… (521)
仰韶文化时期的彩陶 …… (523)
红陶、灰陶、黑陶、白陶 …… (523)
早期的制陶技术 …… (525)
印纹硬陶和原始瓷器 …… (525)
陶水管、水井和秦砖汉瓦 …… (526)
青瓷和黑釉瓷 …… (527)
圆窑、馒头窑、龙窑 …… (528)
从秦兵马俑到唐三彩陶器 …… (529)
唐宋时期的青瓷 …… (530)
唐宋时期的白瓷 …… (532)
宋代的钧窑瓷和建窑瓷 …… (532)
景德镇的影青瓷和宋代官窑 …… (534)
多种窑具 …… (535)
元代的青花瓷和釉里红 …… (536)
从斗彩到五彩瓷器 …… (536)
明代的陶窑 …… (538)
《天工开物》所描绘的陶瓷工艺 …… (539)
《景德镇陶录》中的“陶成图” …… (541)
珐琅瓷和粉彩瓷 …… (543)
展示在瓷瓶上的制瓷工艺 …… (544)
远古时的漆器 …… (544)
大量出土的战国漆器 …… (547)
汉代的制漆新工艺 …… (547)
剔红漆器 …… (549)
明清时期的漆器 …… (549)
第十八章　军事技术 …… (551)
峙峪石镞 …… (552)
建武三十二年弩机 …… (552)
小合蝉弩 …… (553)
蒙古大弓 …… (553)
宋代使用的单梢炮 …… (554)
襄阳炮 …… (554)
七孔石刀 …… (554)
雷目纹铜刀 …… (555)
越王勾践剑 …… (556)
石斧 …… (556)
妇好钺 …… (556)
铁刃铜钺 …… (557)
吴王夫差矛 …… (558)
秦青铜铍 …… (558)
清军使用的长枪 …… (558)
高子戈 …… (558)
三戈戟 …… (560)
秦戈矛合体戟 …… (560)
宋代的特式兵器 …… (561)

明代的特式兵器 …… (562)
西汉铁制鱼鳞甲胄 …… (563)
宋军使用的步人甲 …… (563)
北朝兽面盾 …… (564)
明军使用的盾 …… (564)
西晋末东晋初的马镫 …… (565)
《武经总要》刊载的三个火药配方 … (565)
火毬 …… (565)
阿城铳 …… (566)
至正辛卯铜手铳 …… (567)
明洪武十二年铜手铳 …… (567)
永乐十二年铜手铳 …… (567)
三眼铳 …… (568)
至顺三年铜碗口铳 …… (568)
莱州卫大炮筒 …… (568)
洪武十年大铁炮 …… (569)
虎蹲炮 …… (570)
大将军炮 …… (570)
佛郎机 …… (571)
小样佛郎机 …… (571)
乾隆御用鸟枪 …… (572)
迅雷铳 …… (572)
红夷炮 …… (573)
三飞箭 …… (573)
火龙出水 …… (574)
神火飞鸦 …… (574)
飞空沙筒 …… (574)
一窝蜂火箭 …… (575)
飞天喷筒 …… (575)
石炮 …… (575)
自犯炮 …… (576)
水底龙王炮 …… (576)
江南制造局炮厂 …… (577)
金陵机器局制造的火器 …… (577)
西周战车的遗存物 …… (578)
架火器战车 …… (578)
楼船 …… (579)
蜈蚣船 …… (579)
“操江”号螺轮蒸汽兵船 …… (579)
“平远”号钢甲巡洋舰 …… (580)
万里长城之一段 …… (580)
山海关 …… (581)
居庸关 …… (582)
嘉峪关 …… (582)
望京楼 …… (583)
金川地区的石碉群 …… (583)
南京城中华门(原名聚宝门)…… (584)
蓬莱水城 …… (584)
旅顺军港 …… (585)
大连和尚岛炮台内部 …… (585)
第十九章　西学东渐 …… (586)
利玛窦像 …… (587)
徐光启像 …… (587)
《几何原本》徐光启序手迹 …… (588)
《坤舆万国全图》 …… (588)
李之藻像 …… (590)
李之藻翻译《寰有诠》 …… (590)
王徵像 …… (591)
《远西奇器图说录最》“取水第一图” …… (591)
康熙朝武成永固大将军炮 …… (592)
《崇祯历书》书影 …… (592)
汤若望像 …… (593)
汤若望进献的新法地平日晷 …… (593)
耶稣会刊印的康熙赐祭汤若望文(局部) …… (594)
南怀仁像 …… (594)
《灵台仪象志》插图 …… (594)
康熙读书像 …… (595)
清宫藏手摇计算器 …… (596)
康熙御制角尺 …… (596)
康熙的数学炕桌 …… (597)
满汉合璧《御制三角形推算法论》 …… (597)
康熙关于代数学的上谕 …… (598)
康熙御制四游标半圆仪 …… (598)
清宫藏法国制造半圆仪 …… (599)
《数理精蕴》 …… (599)

天文地理钟 …… (600)
戴进贤所进西洋奇器礼品清单…… (600)
圆明园西洋楼大水法 …… (601)
《地球图说》的太阳系图示 …… (601)
英国特使马戛尔尼赠送给乾隆帝的
　科学仪器清单 …… (601)
伯驾及其中国助手 …… (603)
合信 …… (603)
《博物新编》 …… (603)
《博物新编》中的蒸汽机插图…… (603)
嘉约翰及其病人 …… (605)
《割症全书》 …… (605)
《化学初阶》(1871～1873) …… (606)
黄宽 …… (606)
伟烈亚力 …… (606)
李善兰 …… (606)
牛顿《原理》译稿 …… (606)
《谈天》 …… (608)
《代微积拾级》 …… (608)
《六合丛谈》 …… (608)
丁韪良 …… (608)
同文馆的出版物 …… (609)
江南制造局 …… (610)
江南制造局翻译馆 …… (610)
徐寿 …… (611)
傅兰雅用过的词汇表 …… (612)
华蘅芳 …… (612)
傅兰雅 …… (612)
《格致汇编》和《格致须知》 …… (613)
福州船政局 …… (615)
容闳 …… (615)
留美幼童 …… (616)
严复《天演论》译稿 …… (616)
詹天佑 …… (616)
传教士出版的科学教材 …… (618)
晚清学堂的数学教育 …… (619)
上海外滩气象信号塔 …… (620)
《亚泉杂志》 …… (621)
清末教育革命 …… (621)
庚款留美 …… (623)
参考文献 …… (624)
后记 …… (626)
总跋 …… (627)

第一章　农学与生物学

农学和生物学是中国古代科学技术中最主要的学科之一。中国历史上，除了保留下来数量众多的农书和生物学著作及其相关的文字以外，还有大量的实物和图像资料，如出土的新石器时代有关农作物的遗存，夏、商、西周时代的青铜农器，春秋、战国时期的铁农器，汉代的农耕画像石（砖），马王堆出土的帛书，魏晋南北朝时期的水田模型、壁画，宋元以后农书中的插图，专门以农业生产为主要描绘对象的《耕织图》以及至今仍然保留在民间并继续得到使用的一些传统农具等。这些图像和实物资料对于学习和研究中国农学史和生物学史具有不可替代的作用。

本章从出土文物、古籍珍本、传世绘画等资料中萃取有代表性的、能够反映农学和生物学重大进展的图像。收录的对象以实物图片为主，也有些属于书影和书中的插图。内容大致分为农具、农业技术、作物、牲畜、农书、生物学著作等几个方面。所选图片大致以年代排列，以尽可能使读者通过图片就能够了解中国古代农学和生物学发生和发展的情况。神农执耜画像虽属汉代作品，但它反映的却是汉代人所想象的中国农业发生时的状况，所以我们把它放在了最前面，因为在某种意义上，它是中国农学的一个标志。有些图片所反映的内容虽然不是同类中年代最早的，但却是最有代表性的。如河姆渡稻谷遗存和半坡粟粒的年代距今约 7000 年。最近几年，考古工作者又发现了多处比河姆渡文化更早、更原始的农业文化遗址，如江西万年仙人洞和吊桶环、广东英德牛栏洞、湖南道县玉蟾岩、湖南澧县彭头山、河南舞阳贾湖、浙江肖山跨湖桥和浦江上山等多处文化遗址，在内蒙古赤峰甚至发现了 7700 年前世界上最早人工栽培的谷子和糜子。

本章所选图片大多为中国农学史和生物学史上重要的发明和有代表性的成果。河姆渡出土的稻作遗存是同类发现最早者之一，它不仅有力地证明了中国是水稻起源地，同时也证明长江流域也是中华文明的起源地。耧车是世界上最早的畜力条播机，耧锄则是世界上最早的畜力中耕机械，西瓜图和西瓜碑为西瓜在中国的引进和传播提供了第一手的实物证据。王祯《农书》中有关水车和田制的插图代表了中国古代农业机械最高水平和土地利用方面的重要成就。书影主要考虑该书在中国农学史和生物学史上的地位以及书中有关的重要论述。例如，《齐民要术》是现存最早、最完整的农业全书，也是世界上最早、最系统的农业科学名著之一；《南方草木状》记载了有关生物防治的最早的例子；《茶经》是世界上第一本茶学著作；陈旉《农书》中有关土壤肥料的论述，代表了中国古代关于土壤学说的最杰出的思想；《植物名实图考》是中国历史上记载植物种类最多的著作；《农学报》是中国第一本农学杂志；等等。农业技术大多可以通过农具得到反映，个别重要的农具和农业技术也收录今人所绘的示意图，如江东犁和代田法。

有关农学的图像很多，尤其是农器方面的图像。本章在编写的过程中主要参考了元代王祯《农器图谱》，今人陈文华《中国农业考古图录》（江西科学技术出版社，1994 年），王潮生《中国古代耕织图》（中国农业出版社，1995 年），夏亨廉、林正同主编《汉代农业画像砖石》（中国农业出版社，1996 年），宋树友主编《中华农器图谱》（中国农业出版社，2001

年），雷于新主编《中国农业博物馆馆藏中国传统农具》（中国农业出版社，2002 年）等。

图 1-1　神农执耜画像

山东省嘉祥县汉代武梁祠中的画像。纵 184 厘米，横 140 厘米。为武梁祠西壁第二层的局部。传说神农氏“斫木为耜，揉木为耒”。耒是在尖头木棒的下部加一横木构成，以便用力起土；耜则是在耒的基础上加上扁平刃板（耜冠）而成的铲形农具。耜依照制造的材料不同，又有石耜、木耜和骨耜之分。耒耜是犁的前身，它的使用一直延续到铁农具使用的初期，故后来有人仍称犁为耒或耒耜。图 1-1 展示的就是神农执耜翻地的情形。

图 1-1　神农执耜画像

图 1-2　石磨盘与石磨棒

1977 年河北武安磁山遗址出土，为粮食加工工具。砂岩，盘面呈长椭圆形，前端较尖，后端平缓，下底有四个扁棱形矮足。磨盘高 8.8 厘米，长 57.2 厘米，宽 20.9 厘米；磨棒长 14 厘米，直径 5 厘米，是农业发展的标志之一。现藏河北省博物馆。

图 1-2　石磨盘与石磨棒

图 1-3　石斧

石斧是一种长条形的石制器具，一端有刃，便于砍伐。有的有孔，用以装柄。石斧是从旧石器时代的刮削、砍砸器演变而来的，它的功用是多方面的，既可作猎具击杀野兽，又可用来砍伐树木、开辟耕地，还可作工具加工木材、制造木器和骨器，是新石器时代普遍使用的器具之一。石斧有多种器形，大体可分为无柄和有柄两种形式。

图 1-3（a）带槽石斧，长 30 厘米，刃宽 12.6 厘米，湖南益阳出土，现藏湖南省博物馆。

图 1-3（b）穿孔石斧，1961 年上海青浦崧泽遗址出土。长 15.9 厘米，刃宽 12.1 厘米。现藏上海博物馆。

(a) 带槽石斧　　(b) 穿孔石斧

图 1-3　石斧

图 1-4　石锛

石锛是一种石制的长条形器具，一端有刃。多数石锛另一端有段，用以捆绑鹤嘴式木柄。石锛的主要功用是砍斫、加工竹木材。在刀耕火种农业中用以砍伐树木，挖掘树根，亦可掘土挖坑。锛与斧的主要区别是：锛的刃面与柄垂直，斧的刃面与柄平行。

本图系 1964 年福建省闽侯县昙石山出土的新石器时代的石锛。现藏中国国家博物馆。

图 1-4　石锛

图 1-5　河姆渡出土的骨耜

出土于河姆渡第三文化层（距今 6500～6000 年）。长 21 厘米，刃宽 12 厘米。1977 年河姆渡遗址出土。骨耜的出土表明，当时已进入到耜耕农业阶段。考虑到河姆渡遗址中还有水牛骨骼遗存的出土，推测当时可能是在牛踏田的基础上，再配合骨耜进行整地。骨耜的发现和稻谷的发现一样，对于探讨农业的起源及其在农业史上的地位，具有重要的意义。

图 1-5　河姆渡出土的骨耜

图 1-6　石镰

河南裴李岗出土新石器时代的锯齿刃石镰。距今约 8000 年。石镰主要用于收割谷物，它的出现是原始农业发展的一个重要标志。后世的镰刀，除了材质上发生变化之外，在形制和功用方面并没有多大的变化。

图 1-6　石镰

图 1-7　石铲

1978 年河南新郑裴李岗出土。长 30.3 厘米，宽 10 厘米。中国国家博物馆藏。是原始农具之一。用于垦荒、翻地。

图 1-7　石铲

图 1-8　铁搭

一种铁齿耙。有四、五、六齿不等，主要用于翻土整地。最早出现于战国时期，从出土文物来看，汉以前似多为二齿或三齿，宋代见四齿铁搭，铁搭之名始见于元代，明清时期在江南地区使用较为普遍，成为牛耕的替代农具。

(a) 王祯《农书》中的铁搭

(b) 战国至汉代出土的铁搭

图 1-8　铁搭

图 1-9　牛耕图

早期的犁铧一般呈 V 字形，只能破土划沟，不能翻土作垄。汉代在犁铧的上端加上了犁壁，使其在破土划沟的同时有翻土作垄的功能。不过汉代的犁还嫌笨重，一副犁需要二牛才能操作，即由二牛抬扛。图中反映的就是这种犁耕方式，耕者双手扶犁俯首缓步，一根绳子系在两耕牛的牛鼻环上，两牛蹄步蹒跚，曳引耕犁。耕犁由铧、床、柱、辕、梢等部件构成。铧作等腰三角形。犁前接以长辕，辕首又置横木为轭，以压于两牛颈上。这种二牛抬扛的耕作方式是唐以前南北各地所通行的犁耕方式。

图 1-9（a），1971 年陕西省米脂县官庄村牛文明墓出土，米脂县盘龙山文物管理所藏。

图 1-9（b），1953 年出土于陕西绥德东汉王得元墓，此墓共二十四块画像石。原图面积为 38 厘米×150 厘米。耕者一手高举长鞭，一手扶铧犁耕地，形态动人。现藏中国国家博物馆。

(a) 陕西米脂汉墓出土的牛耕图

(b) 陕西绥德东汉墓出土的牛耕图

图 1-9　牛耕图

图 1-10　牛耕播种画像石

1962 年陕西省绥德县东汉墓出土，现藏西安市碑林博物馆。高 139 厘米，宽 61 厘米。上部为一巨大斗拱建筑，下部分为牛耕播种图。图中一人一手扶犁，一手扬鞭，使用两牛抬杠方式破土开沟。耕者身后一少年，似在随墒播种。

图 1-11　江东犁

两牛抬扛的犁耕方式，对于田地面积较小的南方水田很不适应，于是到了唐代，在江南地区，出现了一种更为轻巧的一牛就能牵引的曲辕犁，称为江东犁。江东犁始见于唐陆龟蒙的《耒耜经》，主要由十一个部件组成。其中，犁铲（犁铧）、犁壁为铁制，其他九个部件即犁底、压镵、策额、犁箭、犁辕、犁梢、犁枰、犁键、犁盘等都是木制的。这也就是后来使

用最为广泛，直到今天仍能看到的犁。江东犁的出现标志着传统步犁的定型。

图 1-10　牛耕播种画像石

(a) 江东犁结构示意图

(b) 清华大学复原的江东犁模型

图 1-11　江东犁

图 1-12　番社采风图·耕种

《番社采风图》，系清巡视台湾监察御史六十七*使台期间（1744～1747）命工绘制之原

---

* 六十七，人名。

住民风俗图。图中所示耕种所用之犁耕与内地无异。

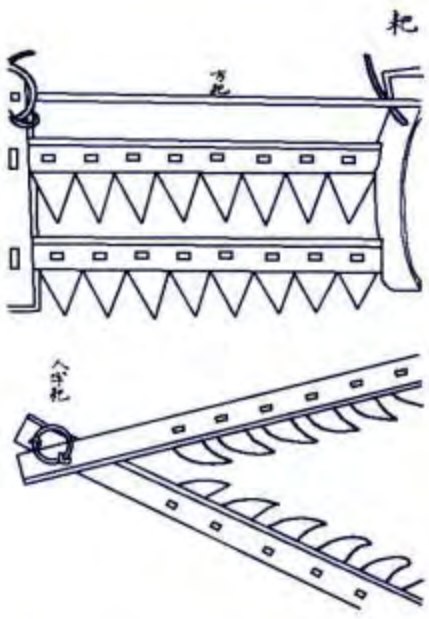
图 1-12　番社采风图・耕种

图 1-13　耙图

耙，是一种碎土农具。它的作用就是把耕起的土块破碎。用耙将土块破碎，可以起到消灭杂草，抑制病虫害的作用，为播种准备条件，在干旱的北方地区，耙通过改变土壤结构，还起到保墒（土壤中的水分，称为墒）防旱的作用。耙最早见于北魏贾思勰的《齐民要术》，称铁齿镅镂，唐以后始称为耙，或爬。耙依据其形制，又分为长条形耙、人字耙和方形耙。魏晋画像砖中的耙多为长条耙。

图 1-13（a）为王祯《农书》中的方耙和人字耙。

图 1-13（b）为方形耙使用时的情形。为了提高耙的效率，使用时，人立耙上。



(a) 王祯《农书》中的方耙和人字耙

(b) 《耕织图》中的耙田图

图 1-13　耙图

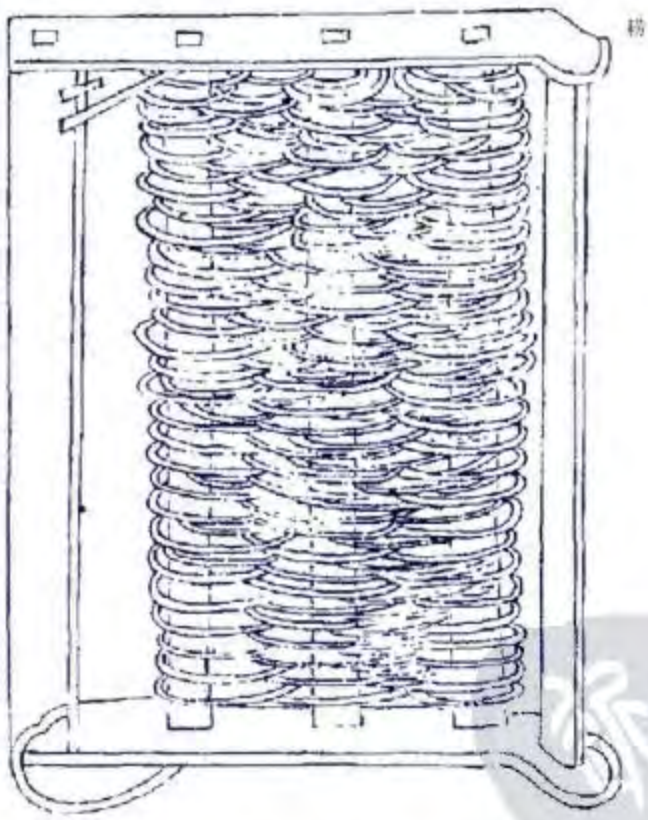


图 1-14　王祯《农书》中的耪图

图 1-14　耪图

耪，又称为耰，或者盖。耰，最早出现于汉代，贾思勰的《齐民要术》中称之为“耪”，即无齿耙。它的形制与作用都与耙差不多，不过是用藤条、荆条之类取代了耙上的铁齿而已。它用于耕之后，和耙一样具有碎土的功效，用之耙后，则有平整地面的作用，为播种做准备。有时也用于播种之后，起到覆盖种子的作用，所以又称为盖。

图 1-15　耕、耙、耰图

1972 年甘肃省嘉峪关市新城公社 5 号墓出土。魏晋时期（220～316）。耕、耙、耰画像砖，拓片，纵 16 厘米，横 34 厘米。3 块画像砖同出于嘉峪关 5 号墓前室东壁，分别绘有一农人挽绳驱双套牛进行犁地、耙地和耰地的农事活动。是迄今为止最早、最完整的一套旱地保墒耕作技术的实物资料。嘉峪关市文物管理所收藏。

(a) 甘肃嘉峪关魏晋墓壁画中的耕图

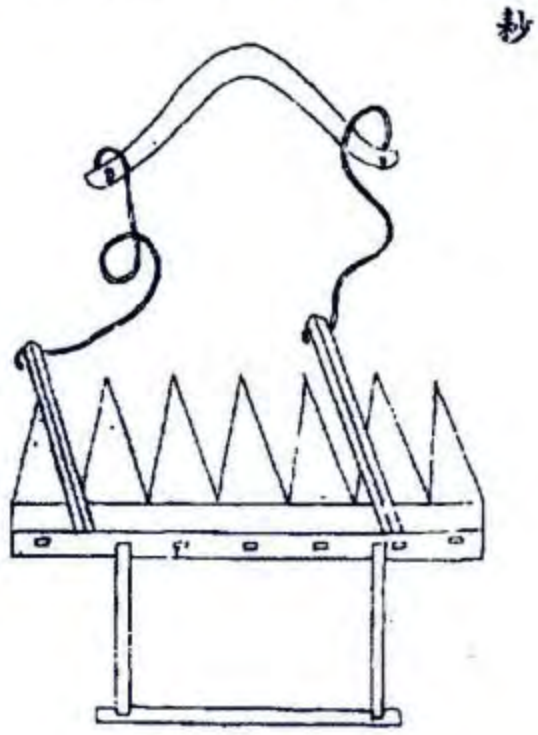
(b) 甘肃嘉峪关魏晋墓壁画中的耙图

(c) 甘肃嘉峪关魏晋墓壁画中的耱图

图 1-15　耕、耙、耱图

图 1-16　耖图

耖是南方水田耕作使用的一种专门的农具，它的作用和北方的耢差不多，即在破碎土块的同时，还具有平整田面的作用。但由于是在水田使用，形制与耢相差较大，耙、耢都是平放着使用，而耖则是竖着使用，下部有列齿，上部则有横把，耖田时扶横把操作。耖有可能在西晋时就已在南方水田稻作中出现，但真正普及则是在宋朝以后。



(a) 王祯《农书》中的耖

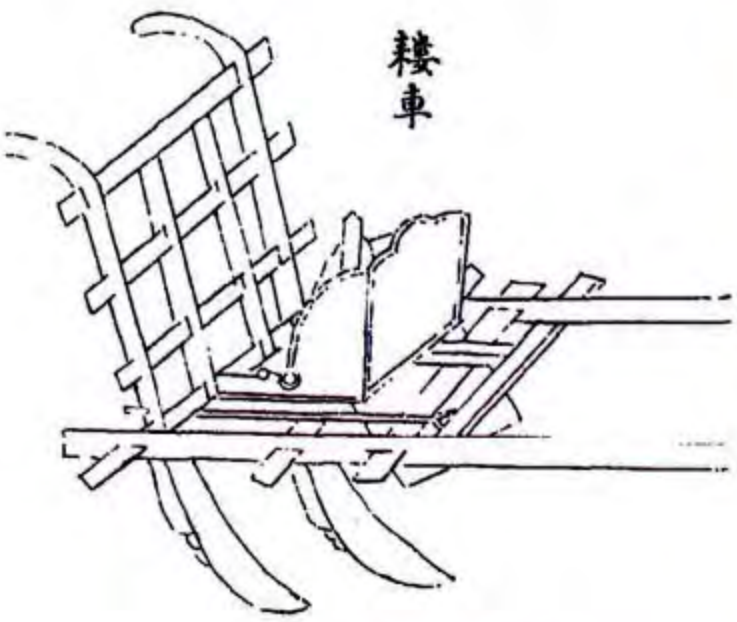
(b) 《耕织图》中的耖

图 1-16　耖图

图 1-17　耧车图

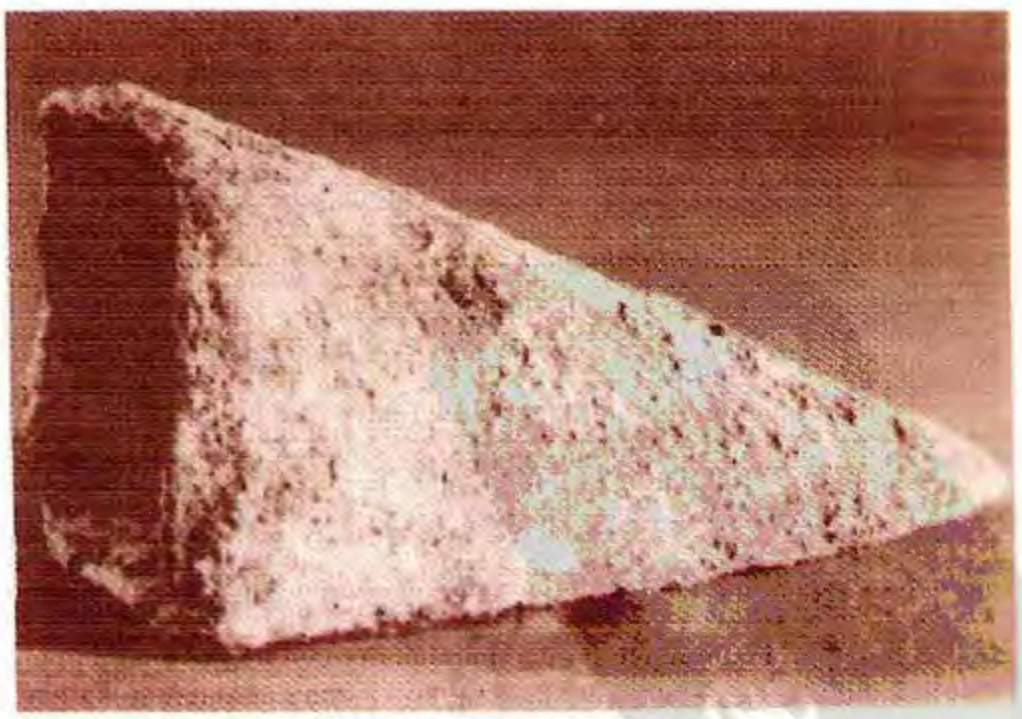
耧是一种畜力播种工具，由汉武帝时主管农业生产的搜粟都尉赵过发明。据东汉崔寔《政论》的记载，耧车由三只耧脚组成，即三脚耧。三脚耧，下有三个开沟器，播种时，用一头牛拉着耧车，耧脚在平整好的土地上开沟播种，同时进行覆盖和镇压，一举数得，省时省力，故其效率可以达到“日种一顷”。

图 1-17（a）王祯《农书》中的耧车图。图 1-17（b），山西平陆汉代壁画中的耧播图。1959 年，山西省平陆县张店镇枣园村南发现的东汉墓壁画。画中一农夫，驾黄牛，用耧车播种，耧下有三足。它从一个方面证实了崔寔《政论》的记载。图 1-17（c），陕西富平出土汉代的铁耧犁铧。



(a) 王祯《农书》中的耧车图

(b) 山西平陆汉代壁画中的耧播图



(c) 陕西富平出土汉代的铁耧犁铧

图 1-17　耧车图

图 1-18　秧马图

秧马是宋代出现的专门为水稻移栽而设计制造出来的农具。这种农具因最初由苏轼在武昌发现并在江西、岭南、两浙等地的宣传推广而广为人知。据苏轼的记载，这种农具最初可能是一种拔秧的坐骑，在泥地里乘坐秧马可以提高行进速度，减轻劳动强度，起到劳动保护的作用。但在流传的过程中，它的功用似乎被人所误解，以致在很长的时间里，有人认为它是一种插秧农具，甚至认为它是一种运秧农具。本图出自元王祯《农书》。

图 1-18　王祯《农书》中的秧马图

图 1-19　铁锄

1950 年河南辉县出土。属战国时期（公元前 475～前 221）的遗物。长 10 厘米、宽 10.5 厘米、距 2 厘米。这种形制的铁锄，造型合理，安装把柄后有利于使用。说明当时农业技术有了较大进步。中国国家博物馆藏。

图 1-20　耘荡图

系宋元时期新创的一种水稻耘田农具。它的发明和使用克服了足耘的一些弊端，同时和手耘相比，又减轻了劳动强度。载王祯《农书》。

图 1-19　铁锄

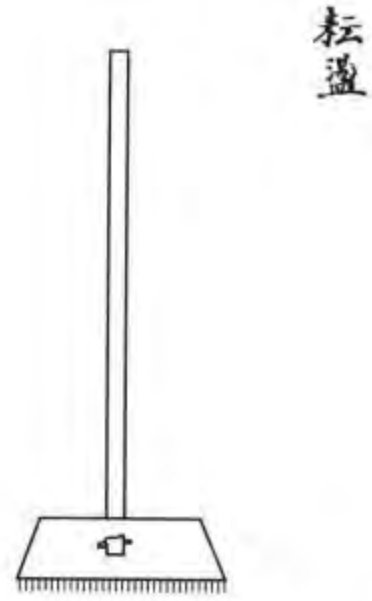


图 1-20　王祯《农书》中的耘荡图

图 1-21　田漏图

田漏是一种计时工具，因主要用于耘田，故称田漏。它的发明和使用，表明古代对农时的重视，更重要的是在劳动管理上采用了计时的概念。载王祯《农书》。

图 1-22　耧锄图

金元时期出现。系由耧车发展而来，同耧车非常相似，只是没有耧斗，取而代之的是耰锄。使用时用一驴挽之，效率非常高。锄头的入土深度达二三寸，超过手锄的三倍，而且速度快，每天所锄的地达 20 亩之多。

图 1-21　王祯《农书》中的田漏图

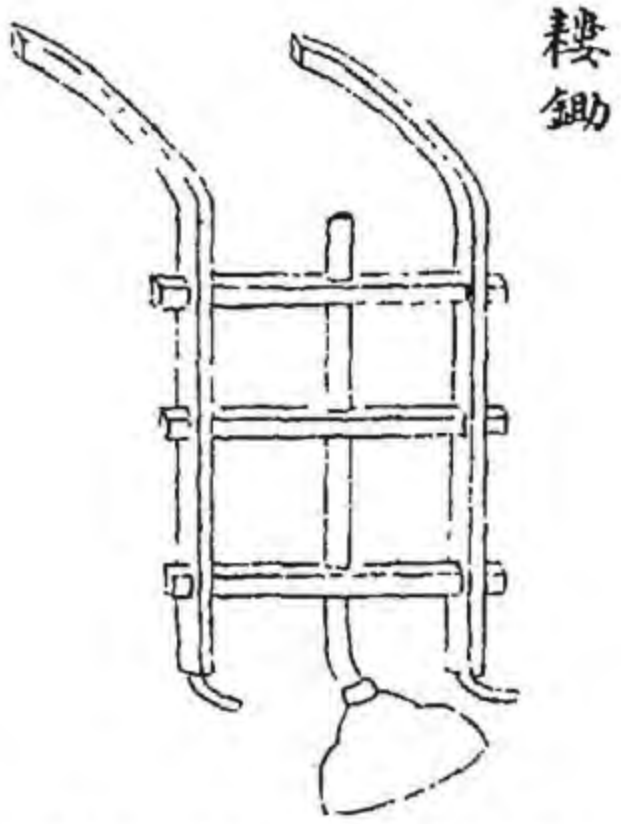
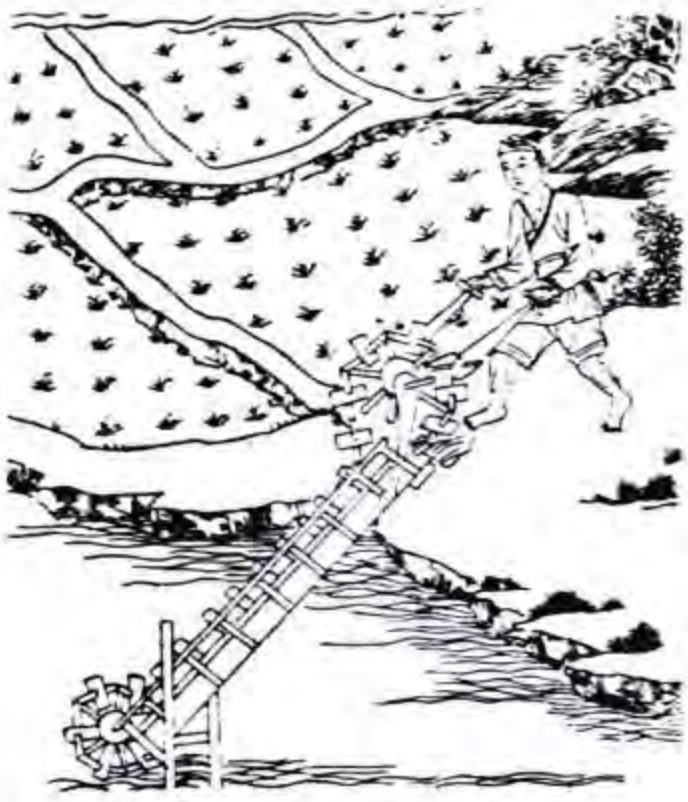


图 1-22　王祯《农书》中的耧锄图

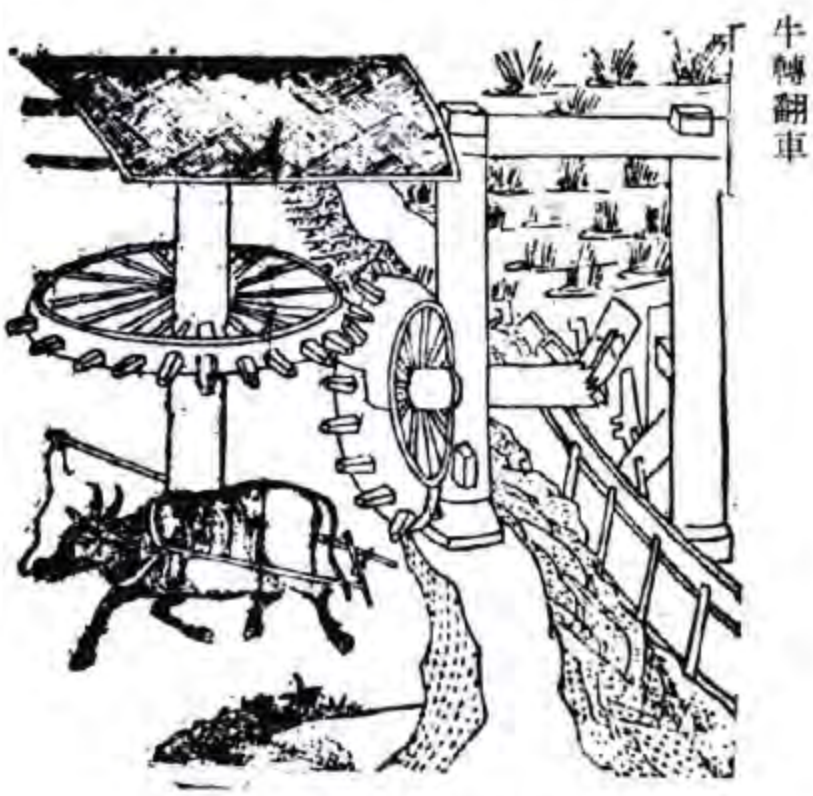
图 1-23　水车图

水车，又名龙骨水车、翻车等，系汲水灌溉工具。发明于东汉末年，发明人是掖廷令（官名）毕岚，起初用于给郊区道路洒水，后经三国马钧改进，始用于农业。马钧改进的翻车是用手摇的，后世称为拔车［图 1-23（a）］。

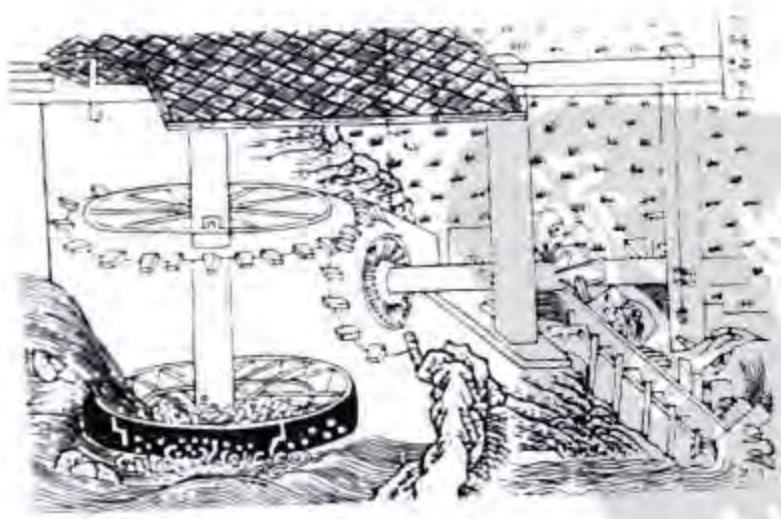
自唐以后，又出现了功效更高的脚踏翻车和牛转翻车。其中又以脚踏翻车为多。唐宋以后发明了利用畜力为动力的牛转翻车［图 1-23（b）］，以流水为动力的水转翻车［图 1-23（c）］和以风为动力的风力水车。在实际使用中，以脚踏翻车（龙骨车）最为常见［图 1-23（d）］。



(a)《天工开物》中的拔车图



(b) 王祯《农书》中的牛转翻车



(c) 王祯《农书》中的水转翻车

(d) 王祯《农书》中的翻车

图 1-23　水车图

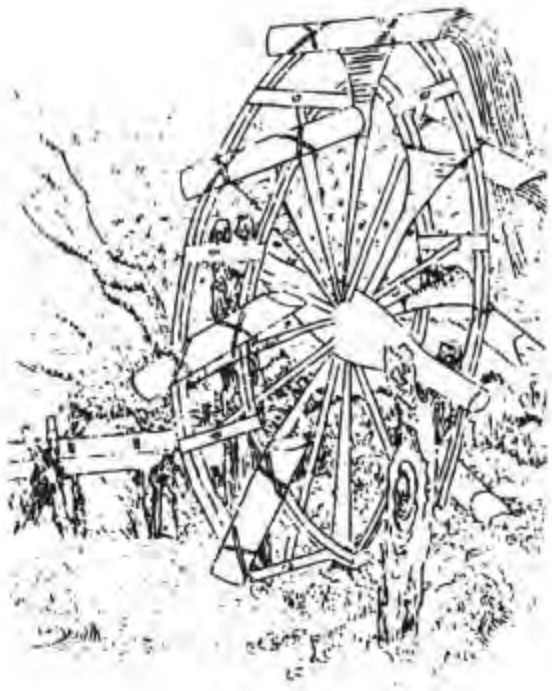
图 1-24　筒车图

筒车是利用水流推动转轮并利用轮上竹筒或木筒来提水灌溉的装置，属另一种水车。发明于唐朝。唐人陈廷章的《水轮赋》中对筒车有生动具体的描述。宋元时期，适应不同的农田灌溉的需要，筒车又有所发展，出现了卫（驴）转筒车、高转筒车、水转高车等不同形制。

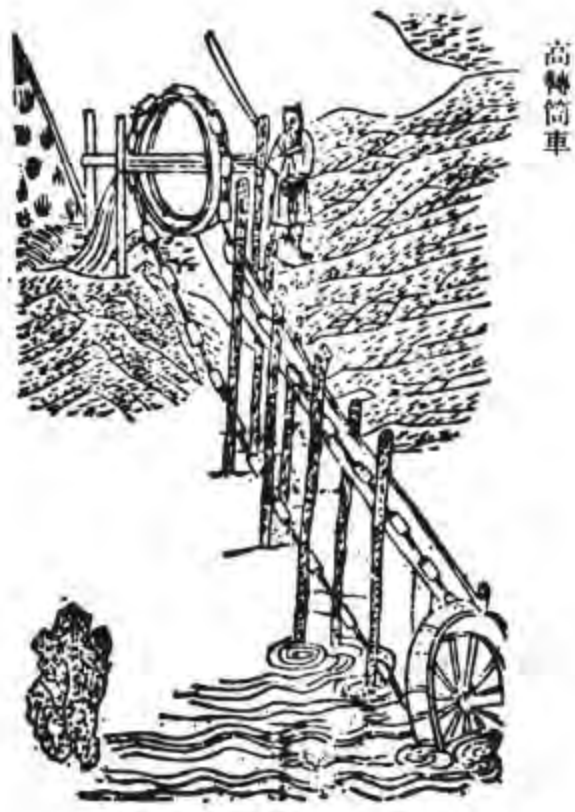
图 1-24（a）王祯《农书》中的筒车图。

图 1-24（b）王祯《农书》中的高转筒车。高转筒车可以将水引至高处，对于解决梯田缺水状况起到重要的作用，有力地配合了唐宋以后梯田的发展和山区的开发。

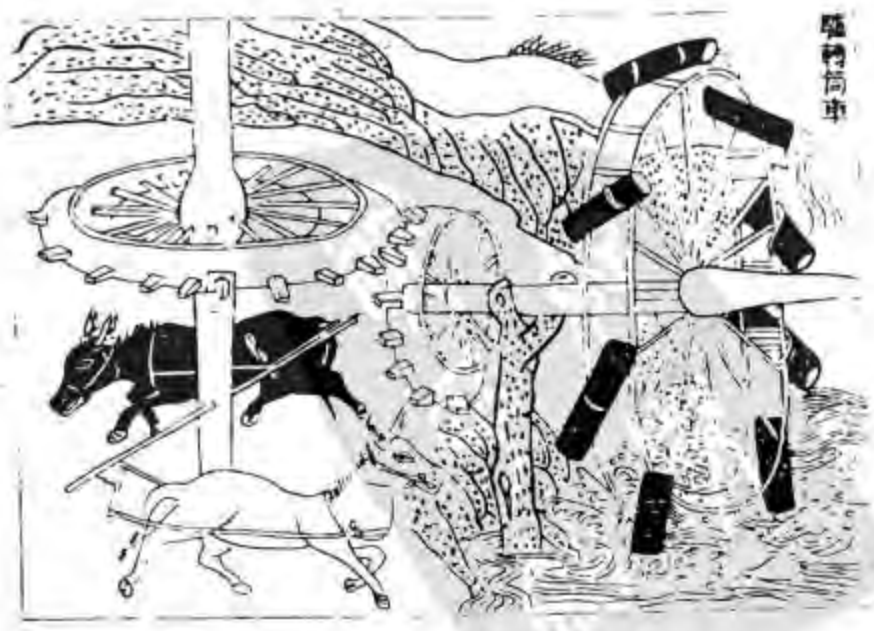
图 1-24（c）王祯《农书》中的驴转筒车。



(a) 王祯《农书》中的筒车图



(b) 王祯《农书》中的高转筒车



(c) 王祯《农书》中的驴转筒车

图 1-24　筒车图

图 1-25　滑车图

清代出现的一种治虫工具，《捕蝗书》中有载，外型似独轮车。使用时，“推入垄间，则两旁插尺包抄禾苗，拔动虫物滚入布袋……换垄推之。数次可尽”。直到 20 世纪 50 年代还在使用。

图 1-26　推镰

镰是收割谷物最常用的农具。宋元时期出现了一种新的带轮的镰刀，用双手推着使用，称为推镰。这种推镰对于收割落粒性很强的荞麦等作物，非常适合。是中国农业史上最早的收割机械。

图 1-25　滑车图

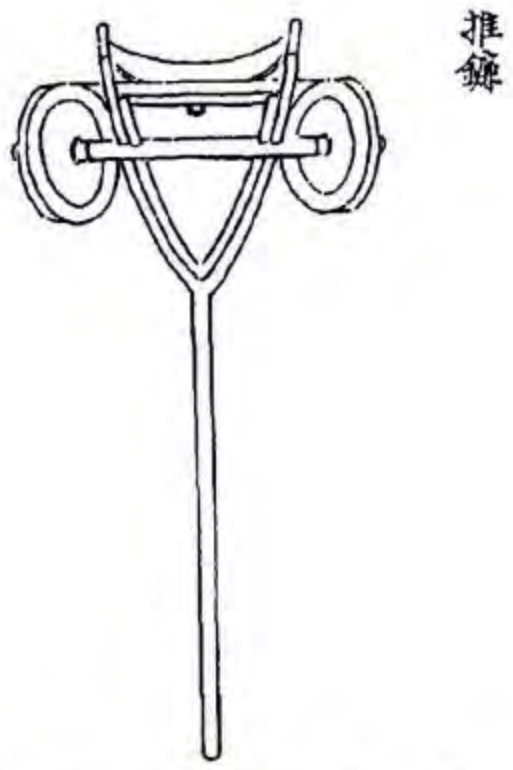


图 1-26　王祯《农书》中的推镰

图 1-27　番社采风图·刈禾

《番社采风图》，系清巡视台湾监察御史六十七使台期间（1744～1747）命工绘制之原住民风俗图。图 1-27 中所示水稻收割情形也与内地无异。

图 1-28　风车

扇车，又称风车、风扇车、飐车、厢车，是一种簸扬的工具，用于清除谷物中的杂物。由木箱和装有叶片的轴构成。最迟在西汉就已出现，以后更广泛使用，成为谷物加工中最重要的工具。

图 1-29　水轮三事

利用水力带动水轮，可以完成磨面、砻谷（脱谷壳）、碾米三项工作。一机三事，是机械史上一项了不起的发明。

图 1-27　番社采风图・刈禾

图 1-28　《天工开物》中的风车

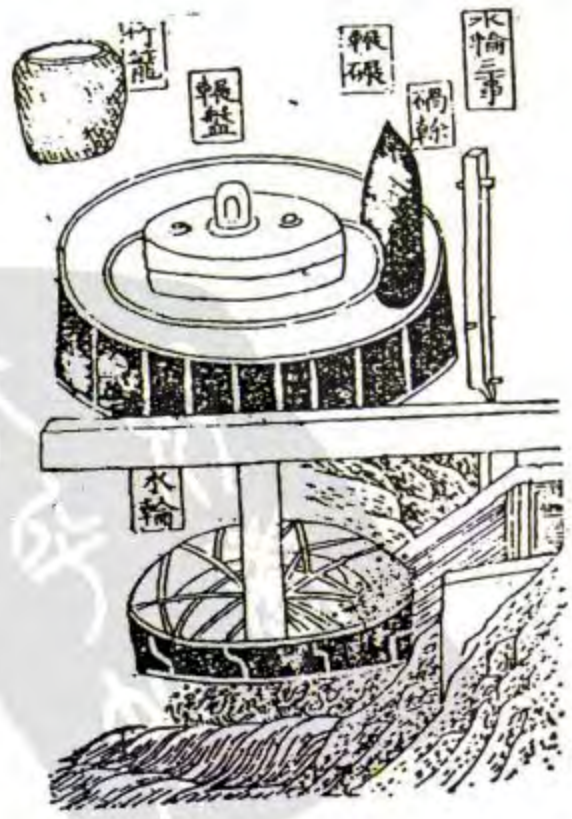


图 1-29　王祯《农书》中的水轮三事

图 1-30　绿釉陶作坊

图 1-30　绿釉陶作坊

作坊为泥制灰陶，通身施以绿釉。单檐硬山顶，两坡式瓦垅，三面有墙，前面洞开，右部设有陶磨，磨盘直径为 8.5 厘米，分上下两部分，上部能自由拿下。左部为碓臼，碓能上下活动自如。此件作坊反映了舂米、磨面的过程，是当时粮食加工水平的真实写照。河南三门峡出土。

图 1-31　河姆渡稻谷遗存

1973 年发现于浙江余姚河姆渡遗址。年代为公元前 5000～前 3000 年。在总面积约 4 万平方米的范围内，叠压着 4 个文化层，在第四文化层较大面积内分布着稻谷堆积层，最厚处近 1 米。经鉴定，河姆渡遗址出土的稻谷属于栽培稻的籼亚种中晚稻型的水稻。伴随稻谷出土的还有 170 余件骨制农具——骨耜。水稻是中国第一大粮食作物。河姆渡遗址及其他一系列新石器文化遗址中稻谷的发现，对于探讨中国栽培稻的起源及其在稻作农业史上的地位，具有重要的意义。

图 1-31　河姆渡稻谷遗存

图 1-32　半坡陶罐和粟粒

粟，又称为禾，子粒俗称小米。其特点是耐旱，特别适合于原始栽培条件下种植，是唐以前，中国最主要的粮食作物之一。原产于中国。20 世纪 50 年代在西安半坡发现了距今 6000 年前的粟作遗存，是当时此类发现最早的。但随着时间的推测，这一记录被一再推前，如河北武安磁山遗址中就发现有距今 7000 余年的粟作遗存。

图 1-32　半坡陶罐和粟粒

图 1-33　金文中菽字

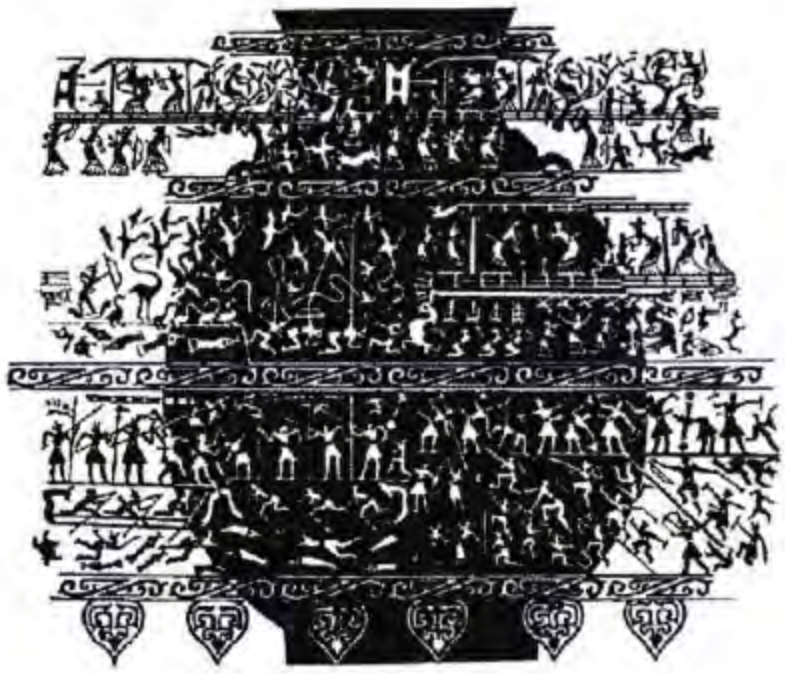
中国是大豆的原产地，至今已有 4000 年的栽培历史。从金文中菽字的写法，有学者认为当时人对于大豆根瘤已有所认识。后人更根据对大豆根瘤的认识，还将大豆用于轮作、间作、混种和套种，使其成为重要的绿肥作物。

图 1-33　金文中菽字的写法

图 1-34　采桑图

图 1-34（a）是宴乐射猎采桑纹铜壶，出土于四川成都，为战国时的遗物。其中采桑部分（右上角）是关于栽桑养蚕较早的图像。内容可以解读为《诗经》中的“蚕月条桑，以伐远扬”的意境。也可以看出当时的桑树树型为乔木桑。

图 1-34（b）甘肃嘉峪关魏晋墓室壁画中的采桑图。



(a) 宴乐射猎采桑纹铜壶

(b) 甘肃嘉峪关魏晋墓室壁画中的采桑图

图 1-34　采桑图

图 1-35　宋代蚕织图

图内容为江浙一带的蚕织户自“腊月浴蚕”开始到“下机入箱”为止的养蚕、织帛的生产过程。为了解宋代的养蚕技术提供了直观的图像资料。这幅长卷是南宋高宗时期，翰林画院依据《耕织图》摹画其中蚕织部分而成。黑龙江省博物馆藏。

图 1-36　蚕桑图

明孙艾绘。纸本，设色。纵 657 厘米，横 294 厘米。画中描绘了蚕在桑树叶上进食的画面，在以蚕桑为绘画内容的艺术品中特色显著。

图 1-37　《御题棉花图册》书影

棉花是中国古代引进的重要的纤维作物。公元 2～4 世纪，中国的边疆地区已种植棉花。宋以后，棉花开始从边疆地区自南向北，由东到西，向长江和黄河流域发展。明代以后取代丝、麻的地位，成为最主要的纤维作物。图 1-37 为乾隆《御题棉花图册》之一。乾隆皇帝以诗的形式赞扬了棉花的传入对于百姓的贡献。

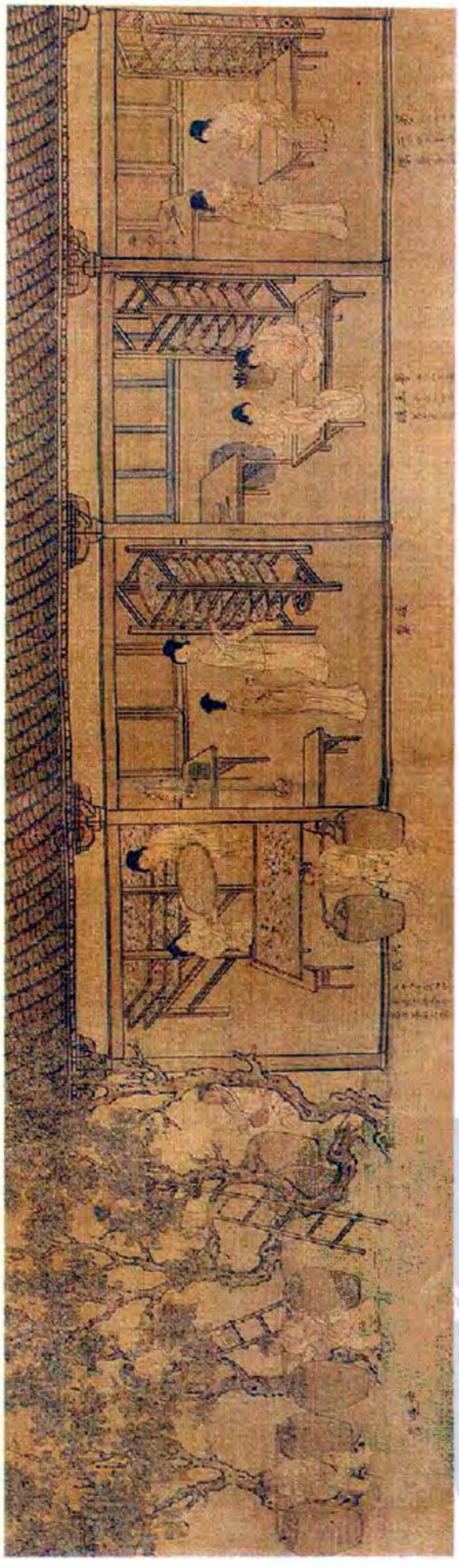


图 1-35　宋代蚕织图

图 1-36　蚕桑图

图 1-37　《御题棉花图册》书影

图 1-38　木棉图

明孙艾绘。纸本，设色。纵 75.4 厘米，横 31.5 厘米。收录于故宫博物院编辑的《明代吴门绘画集》。

图 1-38　木棉图

图 1-39　甘薯图

和玉米一样，甘薯也是原产于美洲，明朝中叶（约 16 世纪），最先引种到中国的广东和福建等地，后来一直推广到北方京师等地。甘薯别名很多，如番薯、山芋、朱薯、红山药、番薯蓣、金薯、番茹、红薯、白薯、土瓜、红苕、地瓜等，可见其在中国种植之广。

图 1-40　玉蜀黍

玉米原产于美洲，16 世纪中叶传入中国，并成为重要的粮食和饲料作物。玉米具有高产、耐饥，适应性强，适合山区人民的要求，所以首先在山区广泛种植，成为山民的主粮。明清以后中国人口的快速增长，很大程度上有赖于玉米等的引进。

图 1-39　《植物名实图考》中的甘薯图

图 1-40　《本草纲目》中的玉蜀黍

图 1-41　西瓜图

西瓜的原产地在非洲热带的干旱沙漠地带。大约是在唐代初年，西瓜传入中国新疆地区，随后东传进入中原。南方地区的西瓜种植则始于南宋时期。1995 年夏秋之际，考古人员在赤峰市敖汉旗境内一座大型壁画墓中，发现了中国迄今已知时代最早的西瓜图画，即羊山 1 号辽墓壁画，面积为 132 厘米×135 厘米，内容为墓主人的重要生活。图中，墓主人倚坐在木椅上，其左侧为一名契丹男侍，手捧唾盂；右侧为两名汉装男侍，向主人恭献酒食。在墓主人前方，陈放一具供台，台上有两个大果盘：一盘盛放石榴、杏、桃等 5 种水果，另一盘盛有 3 个碧绿色的长圆形西瓜。这幅西瓜壁画是研究我国西瓜引种史的珍贵图像资料。它证明，西瓜是契丹人从西域引种到北方的，时间约在十世纪初叶。

(a) 契丹辽国的西瓜图壁画

(b) 契丹辽国的西瓜图壁画局部

图 1-41　西瓜图

图 1-42　西瓜碑

南宋施州郡守秦伯玉于咸淳六年（1270）所立的《西瓜碑》。现存湖北恩施椅子山麓。据碑文记载推测，淮南地区种植西瓜的时间开始于南宋绍熙元年（1190）前后。

石刻全文：郡守秦将军到此，栽养万桑，诣菜（茶）园开修莲（逸）花池，创立接官（客）亭及种西瓜。西瓜有四种，内一种蒙（云）头蝉（禅）儿瓜；一种团西瓜；一种细子儿，名曰御西瓜。此三种在淮南种食八十余年矣。又一种回回瓜，其身长大，自庚子嘉熙北游带过种来。外甜瓜、梢（稍）瓜有数种。咸淳五年，在此试种，种出多产，满郡皆兴，支逸其味甚加，种亦遍及乡村处。刻石于此，不可不知也。其瓜于二月盥刑，此种须是三五次埯种，恐雨不调。咸淳庚午孟春朐山秦伯玉谨记。

图 1-43　葡萄虫草图

作者林椿，生卒年不详，钱塘（今浙江杭州）人，宋孝宗淳熙（1174～1189）时为画院待诏。工画花鸟、草虫、果品。葡萄，古时又写作蒲陶。原产于地中海和里海地区，汉张骞通西域后进入中原，并迅速得到发展，成为主要果品。南北朝时期已采用棚架栽培，唐朝始用扦插法繁殖。本图为葡萄史料中较少见的图像资料。

图 1-42　西瓜碑

图 1-43　葡萄虫草图

图 1-44　橙黄橘绿

作者赵令穰，生卒年不详，北宋画家。字大年，汴京（今河南开封）人。有人说因为他是皇族，不能远游，所见风光止于京洛间，故多画“京城外坡坂汀渚之景”。但《橙黄橘绿图》证明，此说并不成立，因为橙、橘多为江南果树。如确为京洛实景描绘，则可能证明当时，京洛一带有此类果树栽培。宋人已注意到利用水面所形成的小气候可以种植橘树。宋时北方人更多地开始注意南方的柑橘，南宋时韩彦直著有《橘录》一书。

图 1-44　橙黄橘绿

图 1-45　野蔬草虫

作者许迪（生卒年不详），南宋毘陵（今江苏省武进县）人，为一位善画花卉草虫的画家。图中之野蔬当为白菜。白菜为中国最主要的蔬菜。原为南方所产之菘。宋代开始向北方推广，培育出结球或半结球大白菜，并开始反传至江南。本图是一幅难得的白菜图像。从中可知当时南方的白菜为散叶型。

图 1-46　牡丹图

作者李迪。牡丹，是毛茛科落叶灌木，原产于中国西北部，唐代已作为观赏植物进行人工栽培，并有国色天香的美誉。宋代牡丹更受人青睐，洛阳、越中和彭州等地都已成著名的牡丹产地。士大夫写作了许多牡丹谱，如，欧阳修的《洛阳牡丹记》和陆游的《天彭牡丹谱》等。本图藏日本东京国立博物馆。

图 1-45　野蔬草虫

图 1-46　牡丹图

图 1-47　“众人协田”牛骨刻辞

图 1-47　“众人协田”牛骨刻辞

商朝时期。传河南省安阳市出土。这块卜骨上面有刻文：“（王）大令众人曰：协田，其受年？十一月。”即商王命令“众人”进行协田活动的记载。协田，一般认为是指在土地上进行集体耕作。（《殷墟书契续编》卷二，1933 年，第 28 页第 5 片）。

图 1-48　代田示意图

代田法是西汉中期农学家赵过所发明并推广的一种耕作方法。它的方法是在面积为一亩的长条形土地上，开三条一尺宽一尺深的沟（畎），沟的位置每年都有轮换，因此称为“代田”。将种子播种于沟中，等到苗发芽长叶以后，便在中耕除草的同时，将沟两边的垄土耙下来培在作物的根部，这样便能起到防风抗倒伏，抗旱的作用。

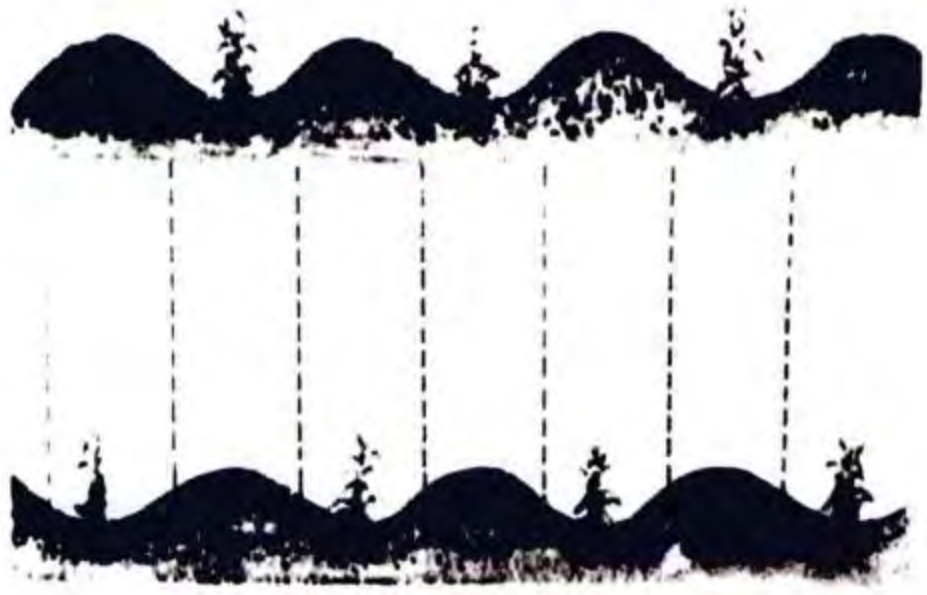


图 1-48　代田示意图

图 1-49　陈旉《农书》书影

此为陈旉《农书》卷上之一页。提到：“土敝则草木不长，气衰则生物不遂。凡田土种三五年，其力已乏。斯语殆不然也，是未深思也。若能时加新沃之土壤，以粪治之，则益精熟肥美，其力当常新壮矣。抑何敝何衰之有？”这种“地力常新壮”的学说是宋元时代对土壤肥力学说的一个重大贡献。

图 1-49　陈旉《农书》书影

图 1-50　拾粪画像石

图 1-50　拾粪画像石

原图面积为 41 厘米×72 厘米。陕西省米脂县官庄村出土，米脂县博物馆藏。图中刻有狗、鹅、鸭和马，有一农夫手执簸箕，用木耙捡拾马粪。

图 1-51　陈旉《农书》书影

此为陈旉《农书》之一页。页中提到："土壤气脉，其类不一，肥沃硗埆，美恶不同，治之各有宜也。……虽土壤异宜，顾治之如何耳？治之得宜，皆可成就。……皆相视其土之性类，以所宜粪而粪之，斯得其理矣。俚谚谓之：粪药。以言用粪犹用药也。"这是陈旉《农书》对于土壤学说的又一贡献。

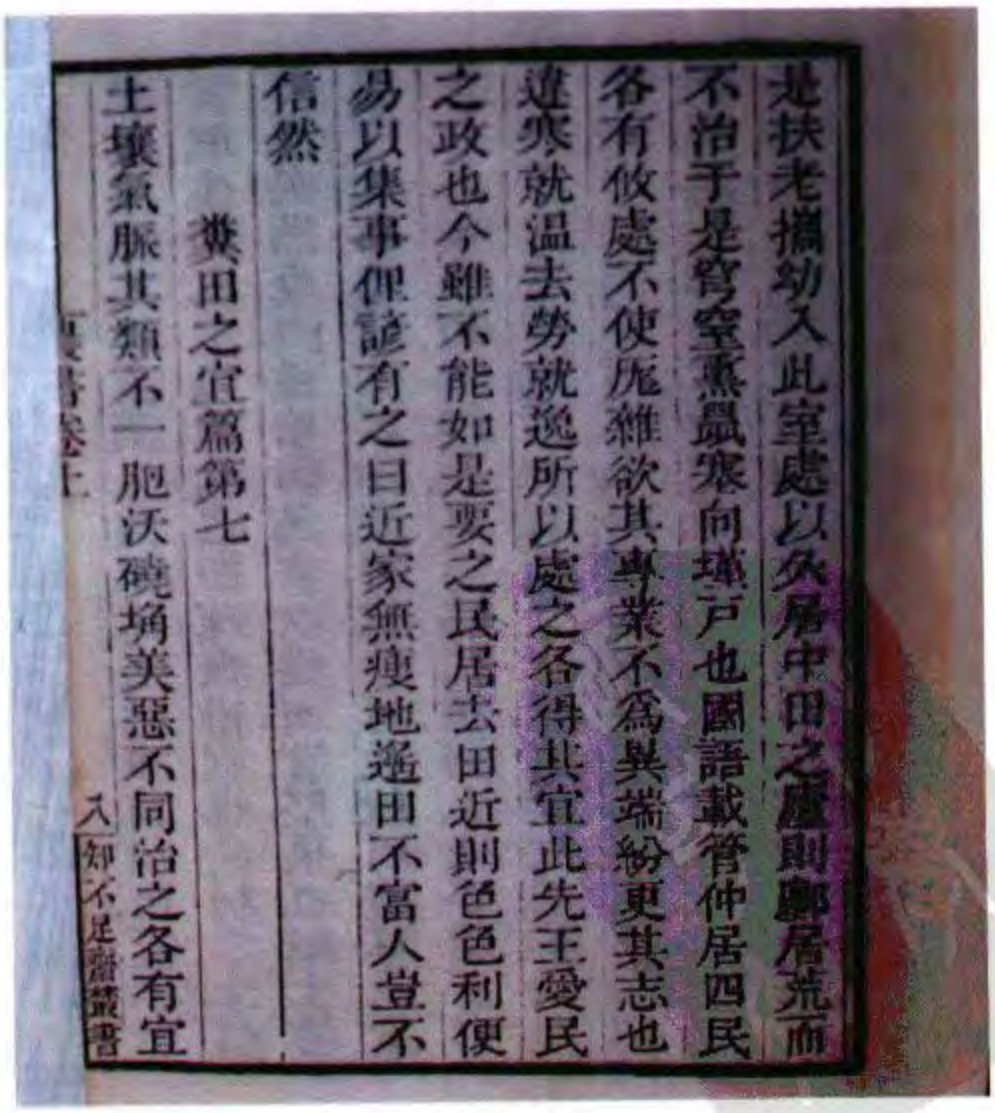


图 1-51　陈旉《农书》书影

图 1-52　淤荫图

原载《钦定授时通考》卷五十二。图中展示农夫为稻田施肥的情形。

图 1-52　乾隆耕织图中的淤荫图

图 1-53　授时指掌活法之图

原载王祯《农书》。《授时指掌活法之图》，或简称《授时图》，最早出现在宋元时期，明清时期相沿不辍。是图将古代有关月令的内容，包括星象、干支、二十四节气、物候及农事活动等，浓缩在一圆形图中，体现了周而复始的特点，简明实用。标志着古代农时学的进步。

图 1-54　地利图

地利图是一幅表示全国各地“风土所别，种艺所宜”的农业地图，尽管现在流传下来的这幅图已看不出这点，但这却是现存最早的一幅农业地图。

图 1-55　围田图

围田，即围水造田，由于围水的方式主要是筑土作堤，而堤又称为“圩”或“坝”，故围田又称为“圩田”或“坝田”。王祯《农书》载：“围田，筑土作围，以绕田也。”又说：“复有‘圩田’，谓叠为圩岸，捍护外水，与此相类。”“度视地形，筑土作堤，环而不断，内地率有千顷，旱则通水，涝则泄去，故名曰‘围田’。又有据水筑为堤岸，复叠外护，或高至数丈，或曲直不等，长至弥望，每遇霖潦，以捍水势，故名曰‘圩田’，内有沟渎，以通灌溉，其田亦或不下千顷。”围田是历史上与水争田的主要方式，它对于耕地面积的扩大、粮食产量的提高乃至人口的增长都有巨大的贡献。

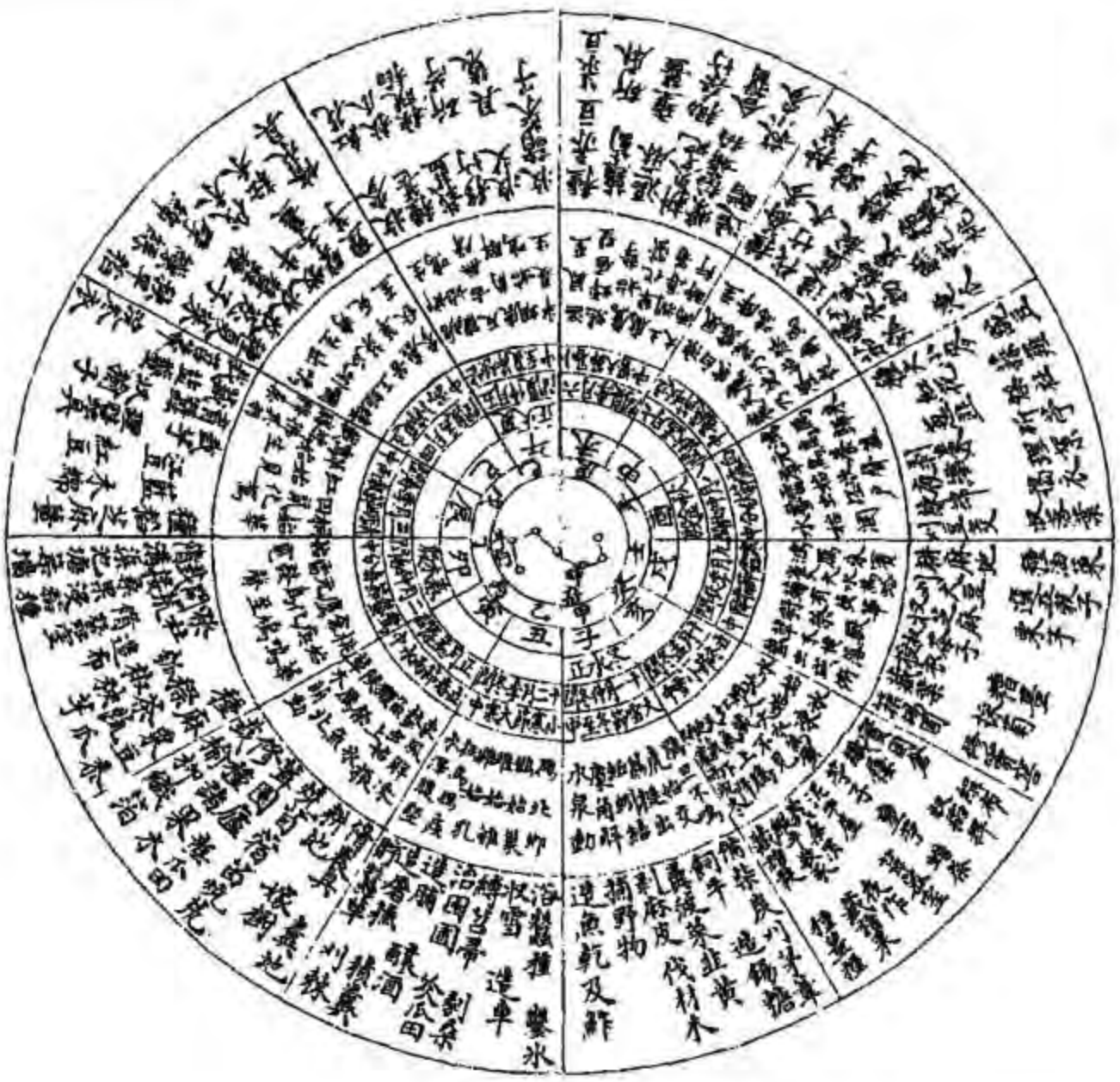


图 1-53　授时指掌活法之图

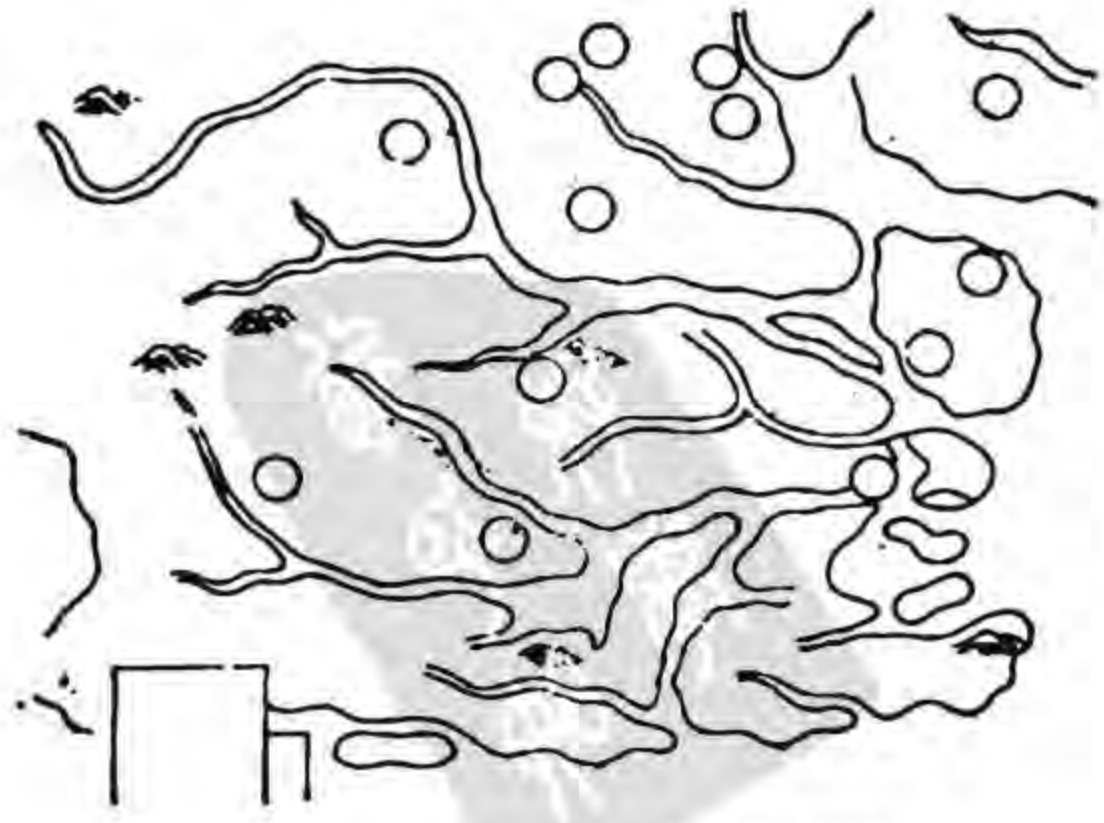


图 1-54　王祯《农书》中的“地利图”

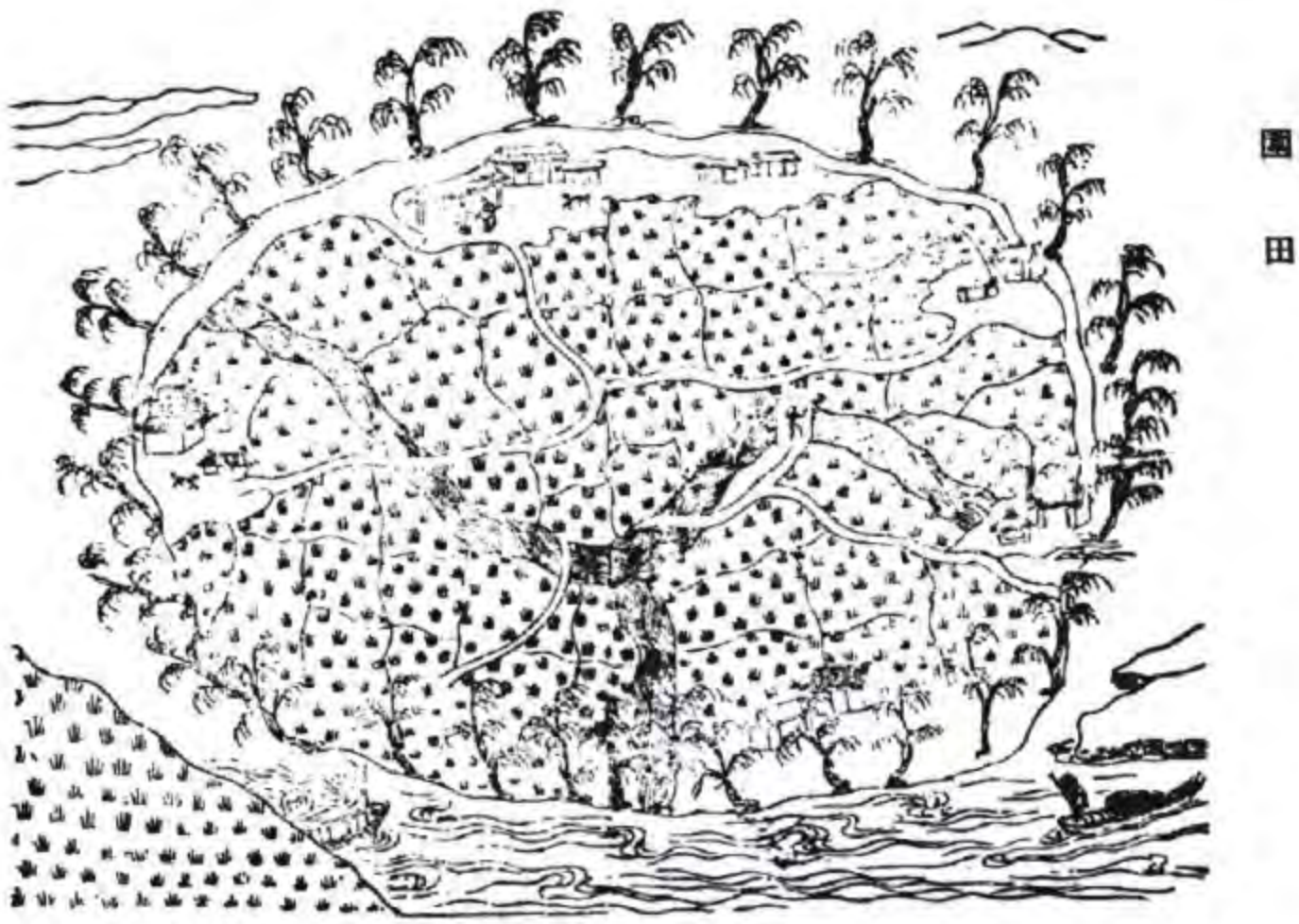


图 1-55　王祯《农书》中的围田图

图 1-56　秦九韶《数书九章》中的围田图

围田，又叫做圩田。圩，即堤。围田、圩田就是筑堤以绕田。长江中下游地区，许多地方由于临近江河湖海，地势低洼，容易被水淹浸，不利农作，于是需要筑堤挡水，圩田出现了。春秋末年，吴越两国，就在长江下游的太湖地区开始围田，当时的苏州城附近都有大片围田的分布。唐宋以后的围田已不是简单的筑圩围水，还有河渠、门闸等水利设施。加上这些水利设施之后，筑圩的作用已不再是简单地挡水，还可以在干旱时开闸引江水进行灌溉，使圩田成为旱涝保收的稳产高产田，给农民带来很大的利益。

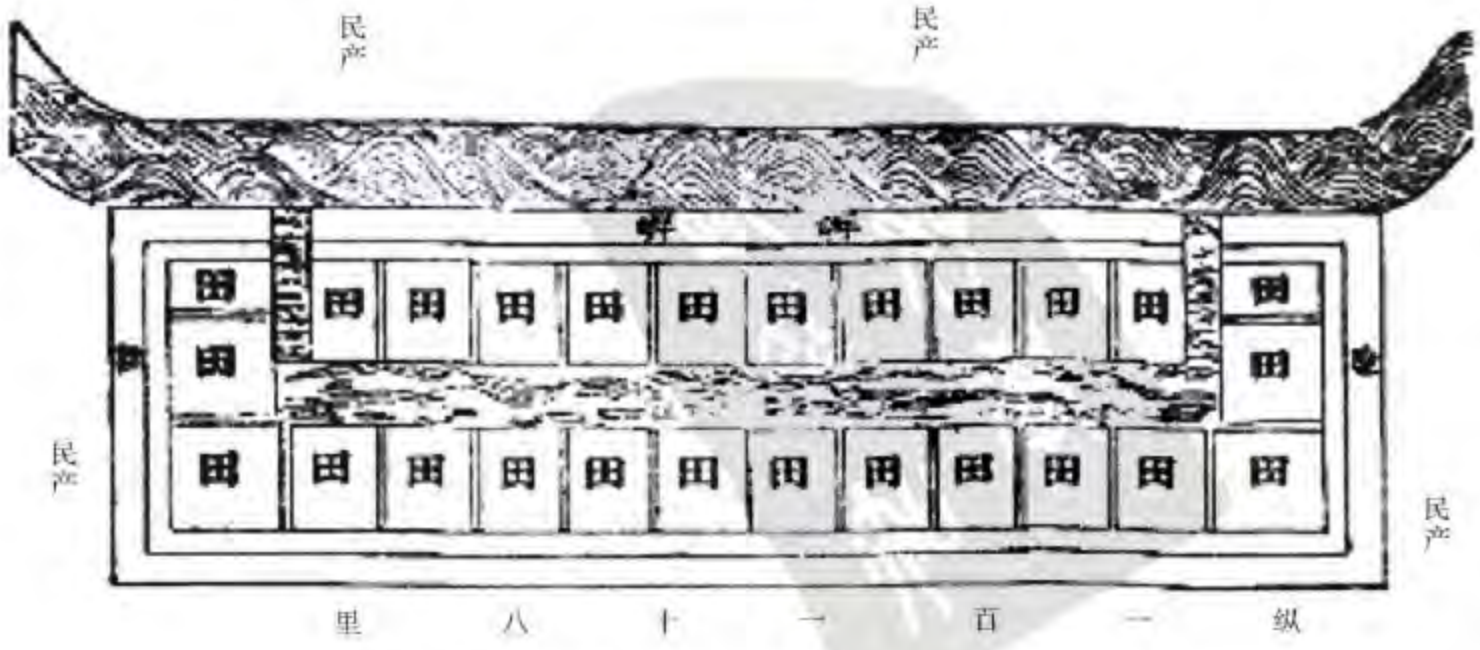


图 1-56　秦九韶《数书九章》中的围田图

图 1-57　架田图

架田，又称葑田或浮田，是一种漂浮在水面上的农田。这种农田最初由泥沙自然淤积水草如菰等的根部，日久其浮泛水面而形成一种自然土地。东晋时，长江流域便开始利用这种土地种植水稻等作物。而葑田之名，则最早见于唐朝。宋代人们模仿葑田的形成机理，做成木架浮在水面，将木架里填满带泥的菰根，让水草生长纠结填满框架而成为人造耕地。始时，人们仍称其为葑田，元代则正式将葑田命名为架田。架田已突破了葑田的限制，而成为真正意义上的人造耕地。

图 1-58　柜田图

柜田是一种规模较小的圩田，它和围田一样，通过修筑围堤来保护农田免受洪水之害，其特点是比围田面积小，围堤的四面都设有排水口，形制上如同柜子，这样做：一是便于耕种；二是遇有水荒时，由于规模较小也便于采取办法，如加固加高围堤，拒绝外水流入；三是田内积水也可以车干。而且由于规模较小，修筑起来也比较方便一些。

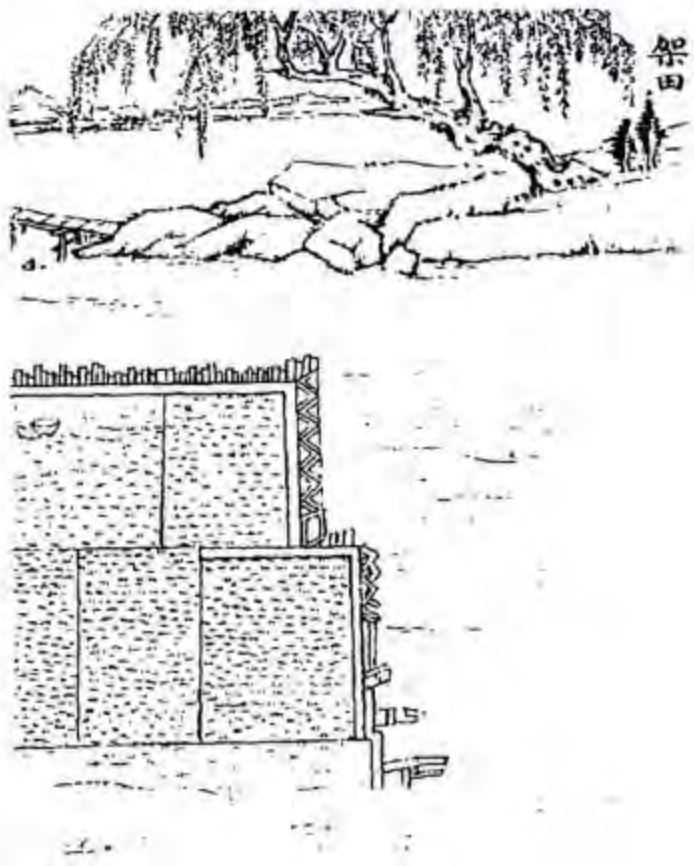


图 1-57　王祯《农书》中的架田图

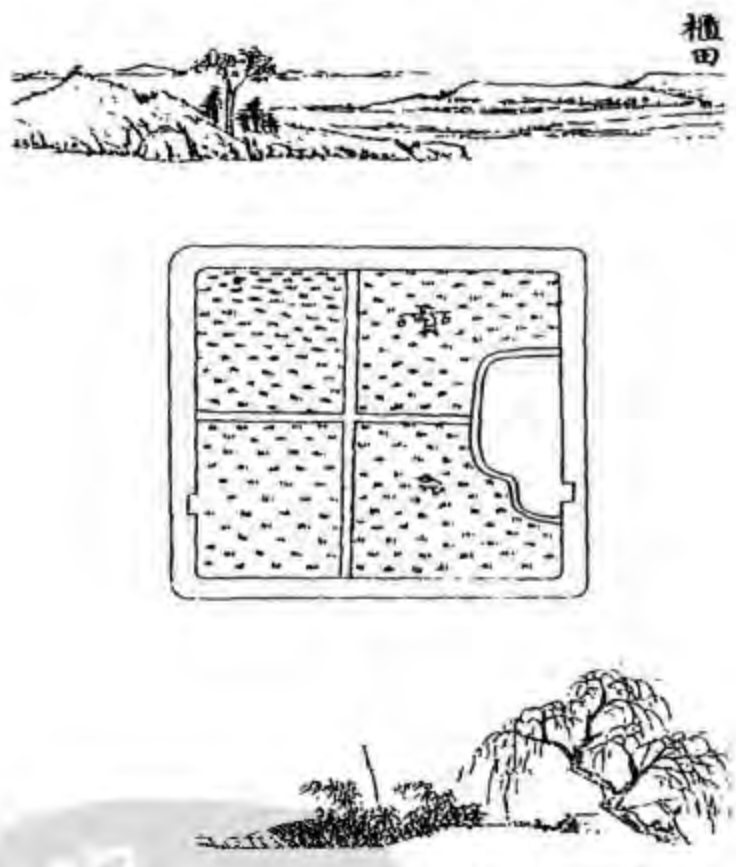


图 1-58　王祯《农书》中的柜田图

图 1-59　梯田图

梯田是在山区丘陵区坡地上的一种土地利用形式。有人认为《诗经》中的“阪田”就是原始型梯田。唐代西南地区的少数民族已经开发出了梯田。梯田之名，始见于南宋诗人范成大的《骖鸾录》。当时闽、江、淮、浙、蜀等地都有许多梯田分布。其中又以福建的梯田为最多。元代王祯不仅给出了梯田的概念，而且还最早总结了梯田的修造方法。

图 1-59　王祯《农书》中的梯田图

图 1-60　耕获图

原图为绢本，淡设色，纵 24.8 厘米，横 25.7 厘米，系南宋作品。画中描绘的是江南农业生产的场面，重点反映了水稻种植从耕田到收获的全过程。包括耕地、耙田、插秧、灌溉、筑场、耘田、收割、挑禾、上架、脱粒、簸扬、舂米、入仓、堆秸等不同的作业环节，是了解宋代江南农业生产状况难得的形象资料。

图 1-60　宋代耕获图

图 1-61　《南方草木状》有关生物防治的记载

在橘树上放养一种黄猄蚁（赤黄色，比普通的蚂蚁要大一些），用来对付危害果实的害虫，这是已知最早的有关生物防治的记载。

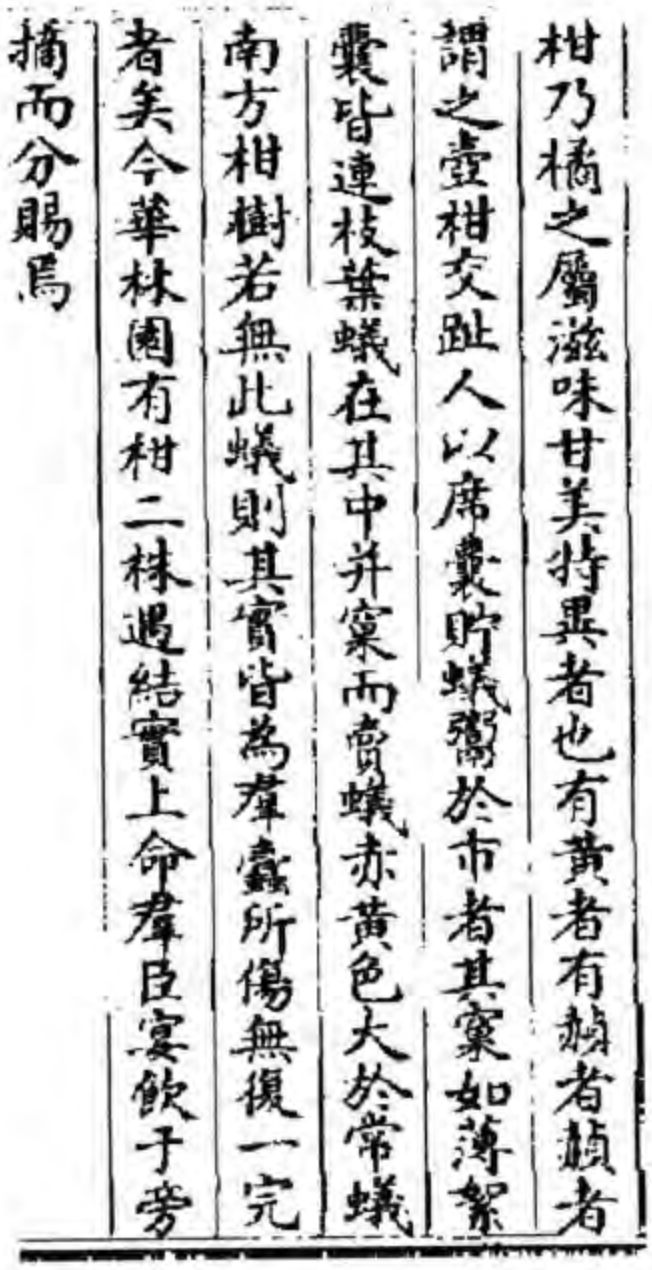

柑乃橘之屬滋味甘美特異者也有黃者有赬者有赭者
謂之壹柑交趾人以席囊貯蟻鬻於市者其窠如薄絮
囊皆連枝葉蟻在其中并窠而賣蟻赤黃色大於常蟻
南方柑樹若無此蟻則其實皆為蟲蠹所傷無復一完
者矣今華林園有柑二株遇結實上命虞臣宴飲于旁
摘而分賜焉

图 1-61　《南方草木状》有关生物防治的记载

图 1-62　陶猪圈

图 1-62（a）汉代灰陶猪圈

河南三门峡出土。单厕与猪圈结合式。泥制灰陶，猪圈方形，厕所建在圈的一角，顶为悬山式，厕为长方形门，门前有上下台阶，圈中有猪两头。

图 1-62（b）东汉彩釉陶猪圈

河南灵宝出土。单厕与猪圈结合式。泥制红陶，猪圈通体施绿釉，不规则的圆形围栏构成猪圈，圈内附有食槽和猪，厕所架筑于正圈之上，厕所屋顶为四角攒尖形式，厕门外有便于上下的斜坡道，厕内地板开有长方形便坑，下通猪圈，粪便可由此落入圈底。

(a) 汉代的灰陶猪圈

(b) 东汉彩釉陶猪圈

图 1-62　陶猪圈

图 1-63　彩陶上的鹳鱼图

1980 年河南临汝县阎村出土，属于新石器时代，图 1-63 描绘了一只鹳叼着一条鱼的情形，表明当时人们对于生物之间的关系已有所认识。

图 1-64　云南江川出土青铜臂甲展开图

云南江川李家山出土，时代约从战国末期到西汉武帝以前。图 1-64 中有鸡啄蜥蜴、野狸食鸡的描写，是对食物链的形象描述。

图 1-65　《管子·地员篇》

《管子·地员篇》约成书于战国时期。书中列举了 12 种植物按地势分布的情形：在水中生长着莲，比较低浅的地方由低向高逐渐生长着菱、水葱、香蒲、芦苇、旱芦苇、艾、扫帚菜、青香、莎草、益母草和白茅。作者详细地记录了各种水生、湿生、挺水、中生、旱生植

图 1-63　彩陶上的鹳鱼图

图 1-64　云南江川出土青铜臂甲展开图

物的不同生长环境，反映地势高低与水分等生态因素对植物分布的影响。

图 1-65（a）《管子·地员篇》书影。

图 1-65（b）《管子·地员篇》所载植物分布示意图。

(a)《管子·地员篇》书影

(b)《管子·地员篇》所载植物分布示意图

图 1-65　《管子·地员篇》

图 1-66　陶猪模型

1973 年浙江余姚河姆渡出土，长 6.7 厘米。距今约 7000 年。同时出土的还有陶器上绘制的猪图，表明当时已经开始了对野猪的驯养。

图 1-66　陶猪模型

图 1-67　阉牛图

拓片，纵 41 厘米，横 228 厘米（局部）。一力士头戴尖顶帽，上身赤裸，下身短裤，一手执环首尖刀，对牛的睾丸作阉割状，公牛拼命反抗，扬起后蹄，踢向力士。这是最早反映古代牲畜去势术的形象资料。河南省方城县东关汉墓出土，河南省南阳汉画馆藏。

图 1-67　河南南阳汉画像砖中的阉牛图

图 1-68　帛书《相马经》

相畜术即家畜的外形鉴定技术，始于原始社会末期，传说“伯益始相畜”，到春秋时期出现了著名的相畜名家伯乐和宁戚，并分别著有《相马经》和《相牛经》。《汉书·艺文志》也有《相六畜》三十八卷的著录。但多已失传。1973 年湖南长沙马王堆汉墓出土《相马经》帛书一种，存 77 行，约 5200 字。保存了早期相马术的一些资料。湖南省博物馆藏。

图 1-69　《齐民要术》中有关马驴杂交的记载

北魏贾思勰所撰写的农书《齐民要术》中将马和驴的杂交后代分别称为羸（音 Luó）和骡。羸是由驴父马母所生，优势不太明显；骡是由马父驴母所生，优势明显。表明当时对于动物杂交已有较高的认识。

图 1-68　帛书《相马经》

图 1-69　《齐民要术》中有关马驴杂交的记载

图 1-70　《齐民要术》书影

北魏高阳太守贾思勰撰。可能成书于公元 533～544 年。全书九十二篇，分为十卷。前五卷讲植物栽培，第六卷述动物养殖，第七至九卷则是关于农产品加工和贮藏等事项，第十卷介绍非中原地区出产的植物。是现存最早最完整的农业全书，也是世界上最早最有系统的农业科学名著。

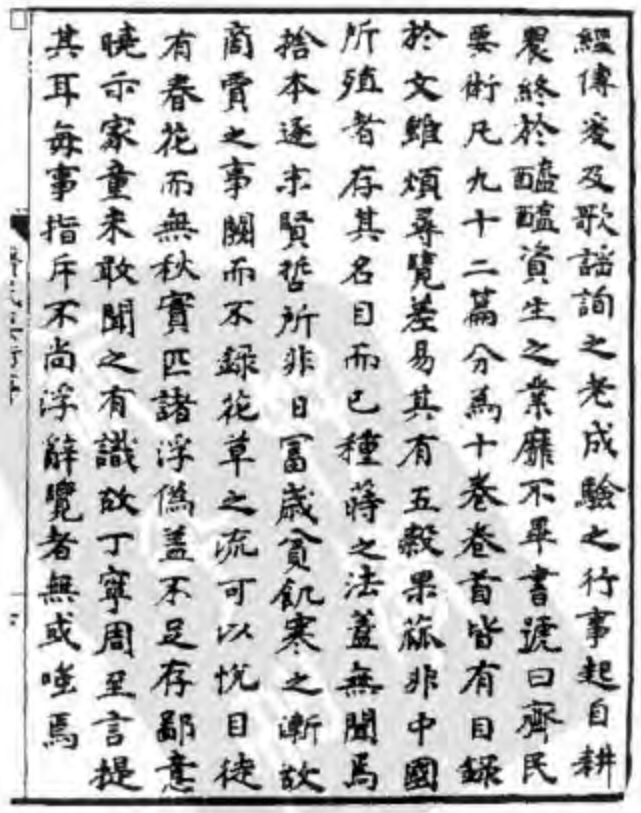


图 1-70　四部丛刊本《齐民要术》书影

图 1-71　《山居录》书影

《山居录》，又称《山居要术》。系唐代王旻撰写的一部山居农书，也是此类书中最早的一本。原书已佚。现已在元人编纂的《居家必用事类全集》中发现部分佚文。

種蒜類
唐太和先生王旻山居錄
比所居須擇形勢地後高平
有東流水者爲上不然內面平坦爲佳
其土色須黃細沙鹼者爲良此方滋長
蔡根故也其地多即二十畝少不減十
畝四面樹以祖籬不然猪鬧之作取便
耳是中治園法及諸雜之所當前穿大
池種荷及菱芡遠池種甘菊取紫莖黃
蕊
花引蜜者是真餘者皆高耳高苦而菊
甘但能種根處處稀栽一二年間不覺
自合便成菊藪如無根取子種亦可但
四月以前秉雨折領之自然滋生子拔
葛雅川云南陽穰縣酈縣音鄭有甘
谷水皆生菊菊花墮水中故飲其
其人皆不穿井悉飲谷水無不
壽考高者百四五十歲次者不失八九
十故司空王陽太尉劉寬太傅袁隗皆

图 1-71　《山居录》书影

茶經卷上
一之源
茶者南方之嘉木也一尺二尺乃至數十尺其巴山
峽川有兩人合抱者伐而掇之其樹如瓜蘆葉如梔
子花如白薔薇蒂如丁香根如胡桃其
瓜蘆或作木或作
其字或從草或從木或草木并
其名一曰茶二曰檟三曰

图 1-72　《茶经》书影

图 1-72　《茶经》书影

《茶经》系由唐代陆羽（约733～约804）所著第一本茶学著作。书中对茶的起源、采制、加工、饮用以及相关的历史掌故都做了较为全面的记载。该书之问世促进了茶学和茶叶生产的发展以及中外文化的交流。

图 1-73　陈旉《农书》书影

作者南宋陈旉。书分上、中、下三卷。上卷以水稻生产为主，阐述农业生产经营原理和生产技术；卷中题为《牛说》，讲耕牛的饲养、使用和疾病防治。卷下名《蚕桑》，主要介绍种桑和养蚕的技术。是现存最早总结江南水稻地区栽培技术的一部农书。

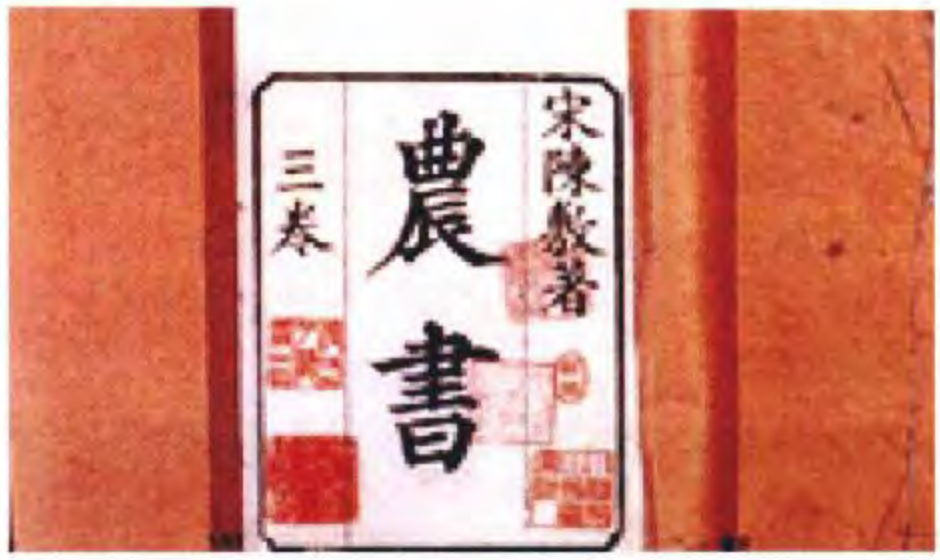


图 1-73　陈旉《农书》书影

图 1-74　《农桑辑要》书影

《农桑辑要》由元代专管农桑、水利的中央机构“大司农”主持编写。成书于至元十年（1273）或以前。是现存最早的官修农书。全书分作七卷。书中将蚕桑放在与农业同等重要的地位，栽桑养蚕各一卷，所占篇幅近全书的三分之一。新添了苎麻、木棉、西瓜、胡萝卜、茼蒿、人苋、苣荬、甘蔗、养蜂等内容。特别是两段阐述风土论的“论九谷风土及种莳时月”和“论苎麻、木棉”，更是农学思想史上的经典。图 1-74 为影印元刊大字本《农桑辑要》。

图 1-74　《农桑辑要》书影

图 1-75　王祯《农书》书影

成书于 1300 年前后。书由三部分组成：即农桑通诀、百谷谱和农器图谱。是第一本兼论南北农业技术的农书，其中最重要的部分是“农器图谱”。这部分共有十二卷之多，篇幅上占全书的五分之四。书中将农器分作二十门，每门下面又分作若干项，每一项都附有图，一共有 300 多件图，并加以文字说明，记述其结构、来源和用法等，大多数图文后面还附有韵文和诗歌对该种农器加以总结。

图 1-75　王祯《农书》书影

图 1-76　《农桑衣食撮要》书影

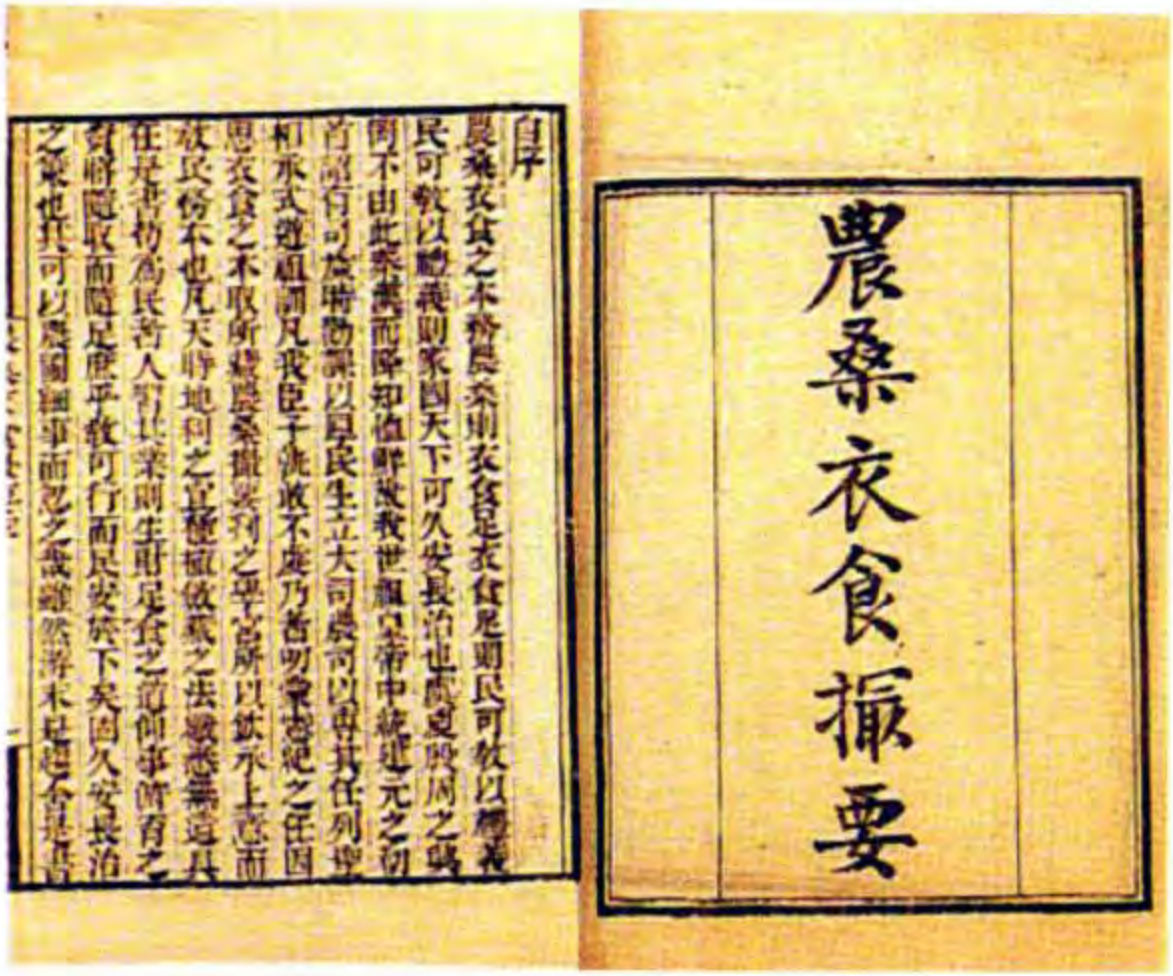
《农桑衣食撮要》，又称为《农桑撮要》，作者是元代鲁明善。该书中采用“月令”体裁，“件系条列，简明易晓，使种艺敛藏之节，开卷了然。”“凡天时地利之宜，种植效藏之法，纤悉无遗”。是继唐末《四时纂要》保存至今比较完备的一部月令体农书。

图 1-77　《元亨疗马集》书影

作者喻仁（本元）和喻杰（本亨），明代著名的兽医。庐州府六安州（今安徽六安）人。约生活在明代嘉靖（1522～1566）至万历（1573～1620）年间。中兽医的经典著作。本书历来版本很多，书影为中国科学院图书馆所藏清乾隆十七（1752）年馀庆堂刻本。

图 1-78　《农政全书》书影

明代徐光启（1562～1633）著《农政全书》。书分 12 门（农本、田制、农事、水利、农器、树艺、蚕桑、蚕桑广类、种植、收养、制造、荒政），60 卷，70 余万言。是书“杂采众家”、“兼出独见”。在分类引述前人文献的同时，提出自己的一些看法。主要包括农政思想和农业技术两大方面。在技术方面，对于棉花和甘薯等作物栽培多有创见。



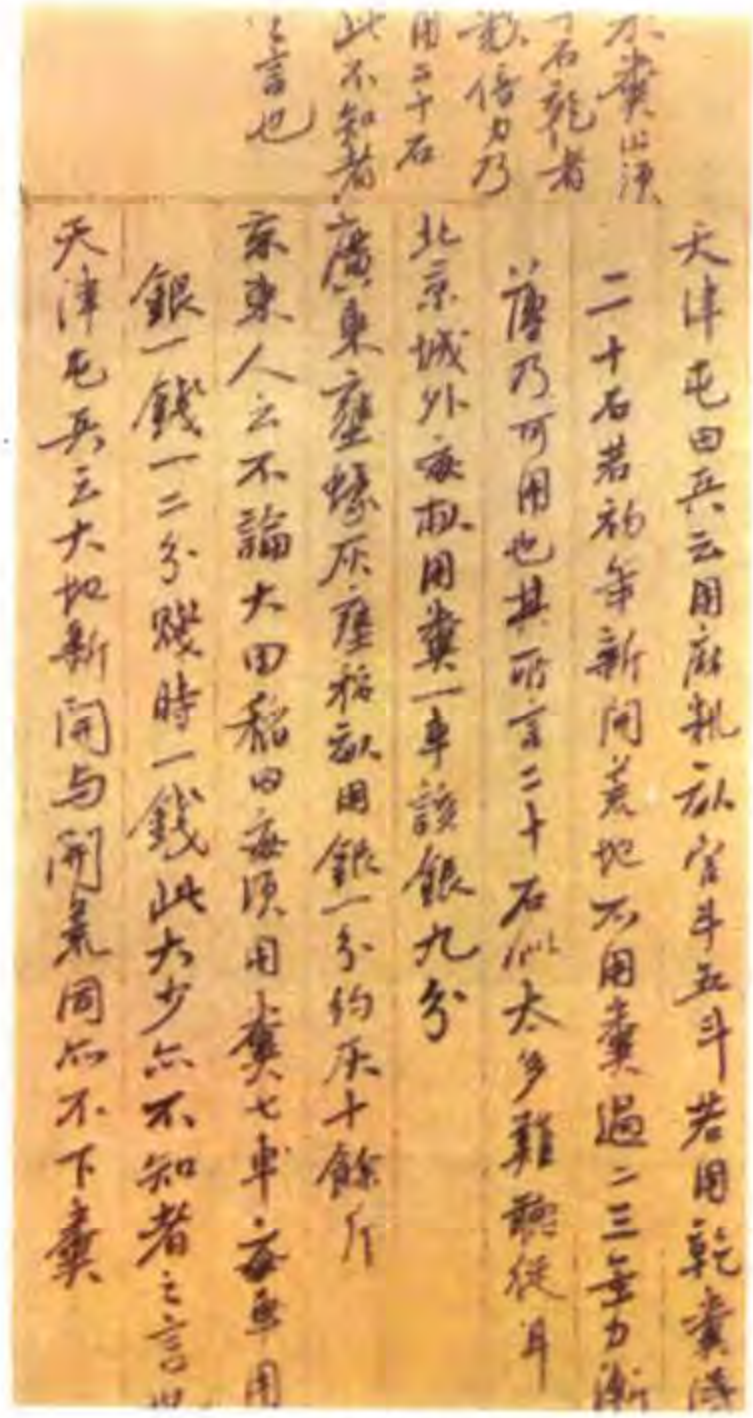
(a) 《农桑衣食撮要》书影(一)

(b) 《农桑衣食撮要》书影(二)

图 1-76　《农桑衣食撮要》书影

图 1-77 《元亨疗马集》书影

(a) 《农政全书》书影



(b)《农政全书》手稿

图 1-78　《农政全书》书影

图 1-79　《授时通考》书影

清乾隆七年（1742）编成。全书七十八卷，分为八门（天时、土宜、谷种、功作、劝课、蓄聚、农余、蚕桑），共九十余万字。将历代文献中有关农业的部分（包括康熙御制耕织图及诗文）分门别类地予以撮录，体例谨严，材料翔实，给后人研究以极大的方便。虽然书中没有编者自己的见解，但其编排体例也体现了编者的农学思想。

图 1-80　《夏小正》书影

原为《大戴礼记》第四十七篇，宋人傅崧卿编订校注，以四时为四卷，每月为一篇，前为经文，后为戴德传文，定名为《夏小正戴氏传》，流传于世。《夏小正》根据天象和物候定季节、月份，按照夏历十二月的顺序记述每月的星象、气象、物候和相应应当从事的政务、农事。其成书年代学术界至今仍有争议。尽管其书内容久有少量残缺和错乱，且正文与注文互相混杂，让后人难以辨识，但它仍然是我国最古老的科技文献之一，为后世学者所重视。

图 1-79　《授时通考》书影

图 1-80　《夏小正》书影

图 1-81　《诗经》书影

《诗经》是中国最早的一部诗歌总集。分为《风》、《雅》、《颂》三部分，共 305 首。取其整数，所以历史上又有“诗三百”之称。各篇的创作年代，上起西周初年，下至春秋中叶，约五百年。《诗经》是一部优秀的文学作品，但它所包含的丰富的社会历史资料，是很多其他记录所没有的。作为社会生产和生活重要组成部分的科学技术在《诗经》中也有所反映，其中又以反映农学和生物学的内容为最多。《豳风·七月篇》是其中反映每月农事的诗篇。

图 1-81　《诗经》书影

图 1-82　《尔雅》书影

图 1-82　《尔雅》书影

《尔雅》是一本解释经文和古代名物的书。书中涉及生物方面的内容很广，分别为释草、释木、释虫、释鱼、释鸟、释兽、释畜等。包括的植物 100 多种，动物 300 余种。开启了同类生物学著作的先河。

图 1-83　《南方草木状》书影

《南方草木状》旧题晋代嵇含（263～306）著。今也有认为是宋代作品。书中记载了中国热带、亚热带地区植物八十多种，分草、木、果、竹四类。书中描述了植物形态、生活环境、用途和产地等。保存了许多地方植物的珍贵资料。

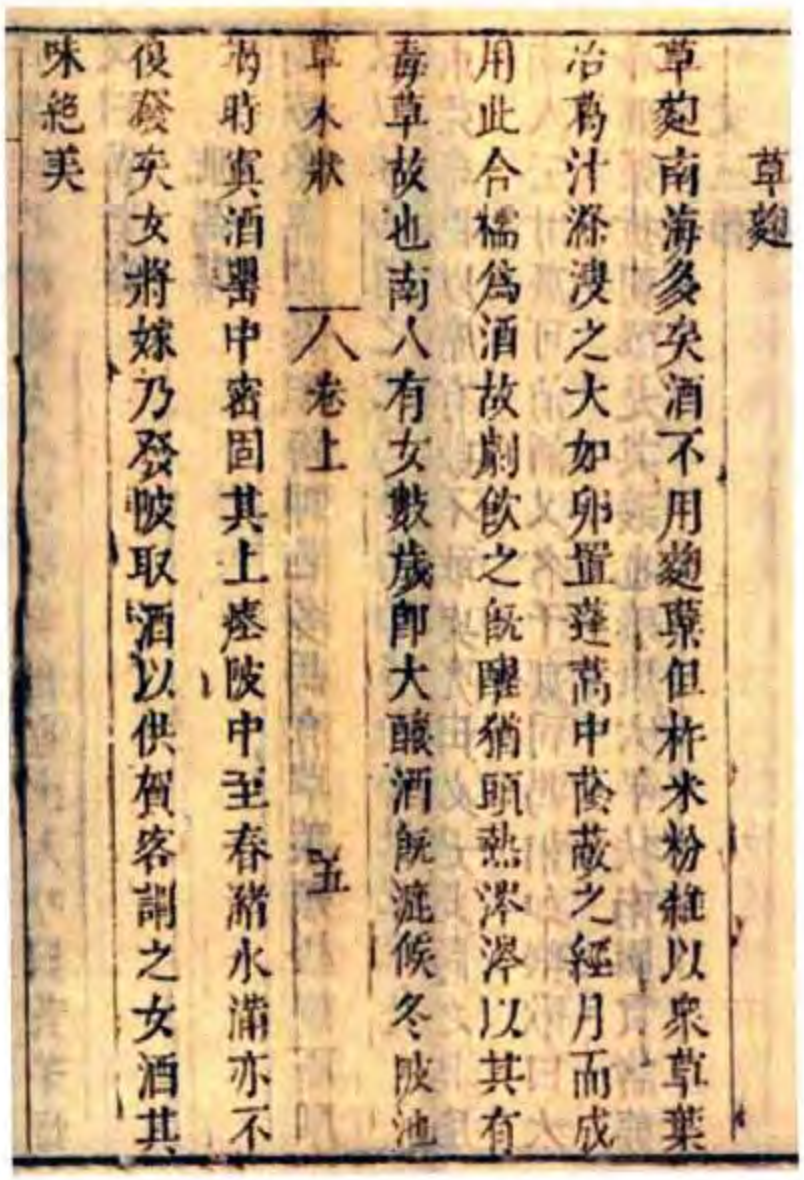

草麴
草麴南海多矣酒不用麴葉但杵米粉粗以衆草葉
治為汁漉浸之大如卵置蓬蒿中蔽之經月而成
用此合醪為酒故劇飲之既醒猶頭熱淅淅以其有
毒草故也南人有女數歲即大釀酒候漉候冬陂池
草木狀　卷上　五
為貯賓酒器中密固其上瘗陂中至春豬水滿亦不
復發矣女將嫁乃發陂取酒以供賀客謂之女酒其
味絶美

图 1-83　《南方草木状》书影

图 1-84　汉代斗鸡画像石

图 1-84　汉代斗鸡画像石

斗鸡是古代一种娱乐活动，春秋时期已有为之，唐时贵族之间十分流行。

图 1-85　《鸡谱》书影

清代，人们对斗鸡的繁育已累积了相当丰富的经验。清代成书的《鸡谱》（作者不详）表明，当时已经懂得从遗传育种方面来培养品种优良的斗鸡，而其关键则是雌雄的配种。原书手抄本藏中国科学院自然科学史研究所图书馆［《鸡谱校释》（斗鸡的饲养管理），汪子春 校释，农业出版社，1989 年 5 月］。

图 1-85　《鸡谱》书影

图 1-86　《植物名实图考》书影

《植物名实图考》清代吴其濬（1789～1847）所著之植物学著作，书中所记植物 1714 种，是中国历史上记载植物种类最多的著作。书中对于每一种植物都记载了它的文献渊源，别名、形状、颜色、用途、产地和分布等。并且附有插图。

图 1-86　《植物名实图考》书影

图 1-87　农学报

农学报，1897 年 4 月在上海创刊。罗振玉、蒋黻（伯斧）创设的农学会（务农会）主办。是中国第一本农学杂志。原名《农学》，半月刊，第二年改旬刊。石印线装。辟有农政、各省农事、报刊选译、农业理论、农会博议等栏目。介绍近代农业文章，大多是东文学社的师生译自日本出版的农业书刊。1905 年停刊。共出 315 期。

图 1-87　农学报

第二章　医　药　学

医药学与人类生活息息相关，这一点在传统医学中表现得或许较近现代医学体系更加明显。这是因为，传统医学在理论上将人体视为可以与整个自然相比并相互影响的“小宇宙”；而近代医学在其兴起后的很长一段时间里，所关注的往往是确有所指的疾病，并通常是将其视为孤立的现象。正因如此，所以在治疗手段方面，传统医学通常首先在思想观念上认为“无物非药”，无物不可为医者所用。然而这种紧密的联系，又使得人们很难界定何为药物，何为医用器物。例如，本卷医学部分所收第一张“商代药材标本”的图片，按照后世药物学著作的记载，其中的果核、种实都具有某种治疗作用，可以说是药物；但是，无论是在古代还是在现代，这些东西始终都是食物。虽然有“药食同源”之说，但毕竟还是需要通过具体的、特定的用途来界定其是“食”还是“药”的属性，而出土文物是不可能告诉我们当时的用途与收藏动机的。盆、罐、刀、剪、针等器物本身就是生活用品，也是传统医疗行为中必然会用到的器物。

再者，古代没有照相技术，不可能将许多医疗活动的景象记录下来，也使得图片特别是那些足以显示传统医学特点的有价值的图片的收集与选取变得十分困难。因此，我们首先有意选择了一些经典著作、代表性著作的书影。从版本学的角度讲，这些书影也许不是最有价值的，但从了解科学技术发展的历史、了解具有划时代意义的著作与人物的角度讲，却无大碍。其次是一些医疗器具的图片以及能够表现少数民族不同医疗体系的图片。

就医学史而言，目前已有多种“图谱”类的书籍出版，收载了许多精美的图片。因而对于专事医学史研究者来说，更应关注这类专门图谱。与这些图谱相比，本章的特点是在图片所附的说明文字中，注意说明其所反映的主题在传统医学体系中的意义与价值。希望能够结合图片的形象作用，加深读者对于这一领域的了解。

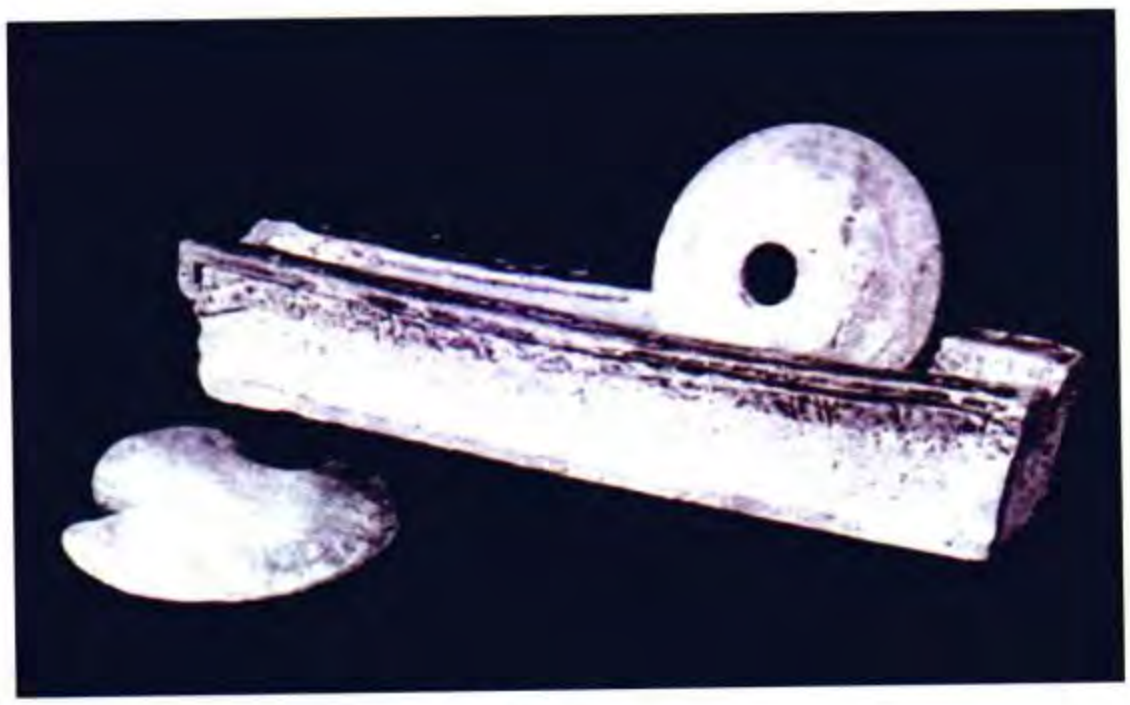
图 2-1　药材标本

商代。1973 年河北藁城台西村出土，计有桃仁、郁李仁等。按照后世本草著作的记载，这些植物果核与种子，大都可以作为药物使用。但在当时，是作为食物还是药物收藏，是直接收藏种实，还是果肉腐烂后剩下果核，并不清楚。现藏河北省文物研究所。

图 2-1　药材标本

图 2-2　药物粉碎工具

黄褐釉药碾［图 2-2（a)］长 31.8 厘米，宽 7.5 厘米，高 6.2 厘米，碾轮圆径 10.5 厘米，口径 2 厘米，厚 2.1 厘米。汉代，体似船形。平折沿，碾槽两端窄浅，中间深宽，腰部有凹槽，平底。胎质灰白，两面施青釉不到底。碾槽中放有碾轮和铖形工具各一。碾轮为扁圆形，中间微鼓，并有一圆孔用以安装木轴，可使碾轮在碾槽中滚动粉碎物体。这件研磨药物的瓷碾是医疗器械中使用瓷器最早的一例。现藏首都博物馆。玉臼高 23.2 厘米，口径 29.5 厘米，孔径 16 厘米，深 13 厘米；玉杵长 28 厘米［图 2-2（b)］。商代。1976 年河南安阳殷墟妇好墓出土，孔周壁有朱砂痕迹，现藏安阳殷墟博物馆。



(a) 黄褐釉药碾

(b) 玉臼、玉杵

图 2-2　药物粉碎工具

图 2-3　帛书《五十二病方》

西汉。高 24 厘米。1973 年湖南省长沙市马王堆 3 号墓出土。因卷首有五十二种疾病名而得名，共一万余字。内容包括内科、外科、妇科、儿科、五官科等，共二百七十余个古医方。使用的药物达二百四十余种，其中一半为《神农本草》所未见。出土时绢帛已断裂，此为一部分。现藏湖南省博物馆。

图 2-3　帛书《五十二病方》

图 2-4　帛画《导引图》

西汉。高 50 厘米，长 100 厘米。1973 年湖南长沙马王堆 3 号墓出土。绘有四十四个不同姿态的男女运动图形，图旁写有简单的说明。因残损，仅存三十一处。内容包括治疗功与保健功。保健功多取于动物的形态，具体术式可分为呼吸、肢体运动和器械操三方面。现藏湖南省博物馆。

(a) 帛画《导引图》

(b) 《导引图》复原图

图 2-4　帛画《导引图》

图 2-5　帛书《脉经》

西汉。高 24.5 厘米，1973 年湖南长沙马王堆 3 号墓出土。根据内容分别定名为《足臂十一脉灸经》、《阴阳十一脉灸经》。十一脉的循行部位、主病病候及治疗方法都与《黄帝内经·灵枢》不同。总体来说，其中最大差异是经脉循行的方向不同，如足三阳脉在帛书中循行方向均由足上行至头，而《灵枢》则由头部下达足部。图 2-5 为《足臂十一脉灸经》的一部分。现藏湖南省博物馆。

图 2-5　帛书《脉经》

图 2-6　竹简《养生方》

图 2-6　竹简《养生方》

西汉。长 28.5 厘米，宽 0.6 厘米，1973 年湖南省长沙市马王堆 3 号墓出土。共两卷，二百支，四千余字。以竹简为主，但有十一支是用木片写的。内容包括《十问》、《天下至道谈》、《合阴阳方》、《杂禁方》。简文具体谈到了“精”、“气”和“神气之道”以及吐故纳新、气候变化与保健方面的道理，还谈到了“八益”、“七孙（损）”等与房中术有关的内容。现藏湖南省博物馆。

图 2-7 却谷食气

图 2-7 却谷食气

1973 年湖南省长沙市马王堆汉墓出土。“却谷”又称“辟谷”，即不吃谷物，只吃某些特定的植物来维持生命，并达到祛疾长寿的目的。据此帛书的内容可知其方法为“与月进退”，即自朔日起逐日增加服石韦的量，月圆后逐日减少，并配合呼吸行气的修炼。汉代张良隐居后因体弱多疾，曾修习此术。现藏湖南省博物馆。

图 2-8 砭石与金针

图 2-8（a）是出土于河南省新郑县郑韩故城遗址的春秋战国时的砭石。一端为圆形，可按摩；一端呈三棱锥形，用来放血。

图 2-8（b）是 1968 年河北满城汉墓出土的金针。共出土金针 4 枚、银针 5 枚。针柄为方形，针身圆形。其中一枚金针的柄长 4.6 厘米，宽 0.2 厘米，针身长 2.3 厘米，总长 6.9 厘米。银针多已残损。这些出土针具相当于《黄帝内经》所述“九针”中锟针、毫针和锋针。现藏河北省博物馆。

(a) 砭石

(b) 汉金针

图 2-8 砭石与金针

图 2-9　医工盆

西汉。医用器具。1968 年河北满城陵山中山靖王刘胜墓出土。敞口，外折沿，浅折腹，假圈足。口沿和器壁上刻有“医工”字样。《后汉书·百官志》的封国职官中有“医工长”，是主持医务的官职。自铭为“医工”的医用器具属首次发现。现藏河北省博物馆。

图 2-9　医工盆

图 2-10　太医丞印

汉代。重 59 克，宽 2.5 厘米，厚 1 厘米。中国的医官制度始见于《周礼》，当时的医疗工作统归“医师”管理。秦设太医令、丞，主管医药。此后历代的医官名目、人数虽各有增减变化，但基本都是以太医令、丞作为主管医药的正、副长官。现藏故宫博物院。

图 2-10　太医丞印

图 2-11　今本《黄帝内经》

《黄帝内经》由《素问》和《灵枢》两部著作（各 9 卷 81 篇）构成，系早期不同医学流派论文的汇集。自西晋以来，以为此即见录于《汉书·艺文志》的“《黄帝内经》十八卷”。尽管关于成书年代有从先秦至两汉的多种看法，但因内容丰富、思想性强，被公认为现存最早的奠定中医基础理论体系的中医经典。

(a)《黄帝内经·素问》

(b)《黄帝内经·灵枢》

图 2-11　今本《黄帝内经》

图 2-12　《神农本草经》

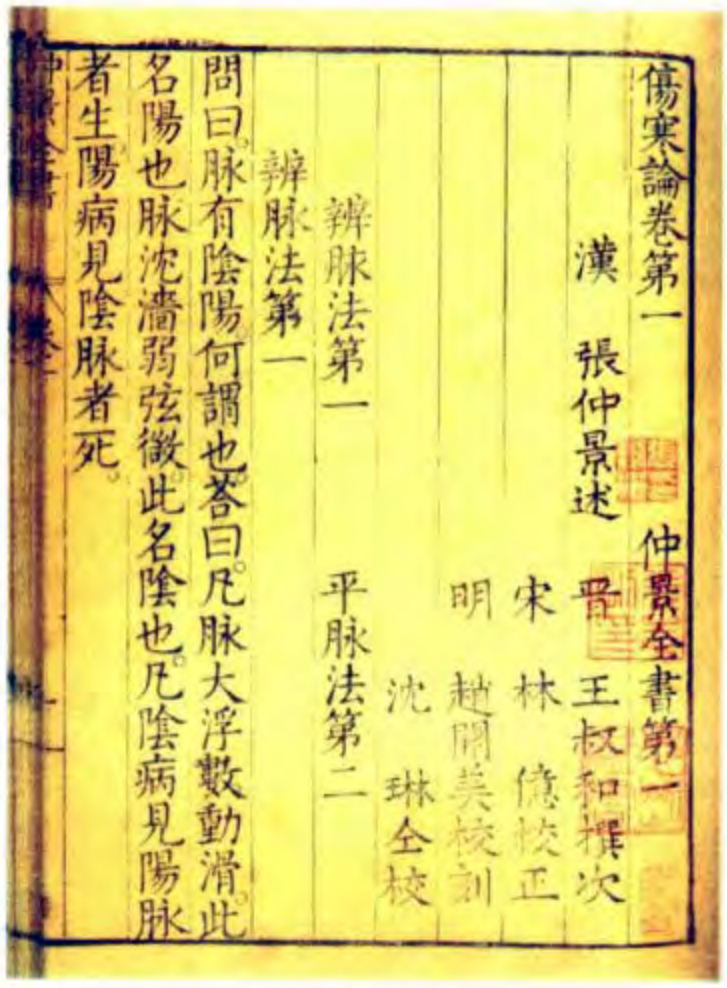
现知最早的本草学（药物学）专著，成书于东汉。收载药物 365 种，分为上、中、下三类；并认为：120 种上药，无毒，多有养生延年之效；120 种中药可治病补虚；125 种下药多有毒，可攻病，但不宜久服。原书已佚，但因后世的本草学著作多是在此书的基础上，根据用药经验不断增加注释与新的药物，故明清时期的医家得以对此书进行辑复。日本宽正十一年（1799）江户书肆刻本。现藏中国中医科学院图书馆。

神農本經
明錢塘不遠盧復手録
上藥一百二十種爲君主養命以應天無毒多服久服不傷人欲輕身益氣不老延年者本上經
中藥一百二十種爲臣主養性以應人無毒有毒斟酌其宜欲遏病補虚羸者本中經
下藥一百二十五種爲佐使主治病以應地多毒不可久服欲除寒熱邪氣破積聚愈疾者本下經
三品合三百六十五種法三百六十五度一度應一日以成一歲

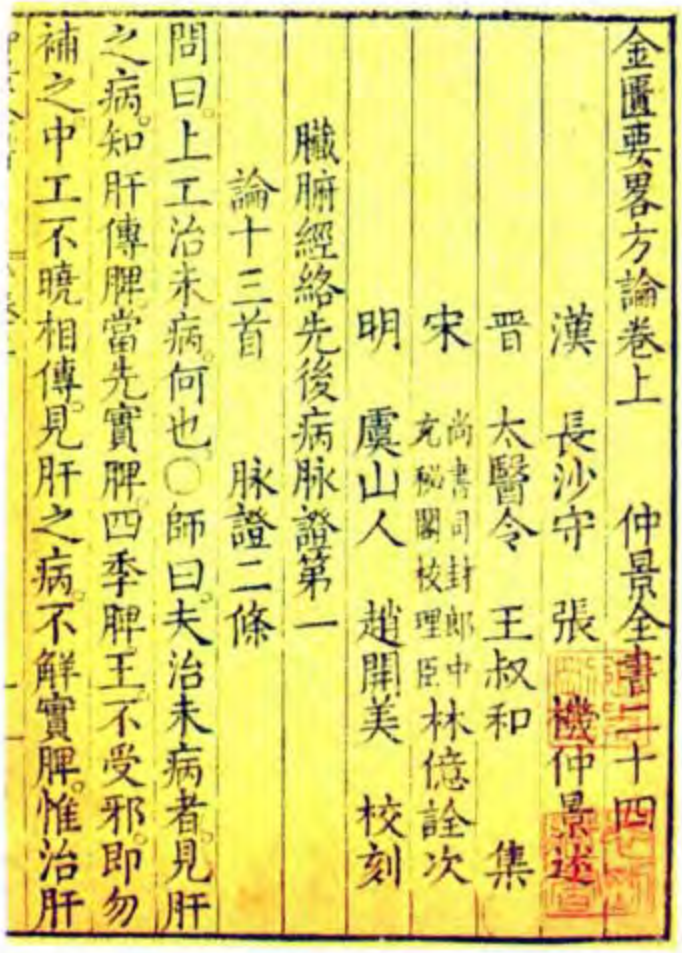
图 2-12　神农本草经

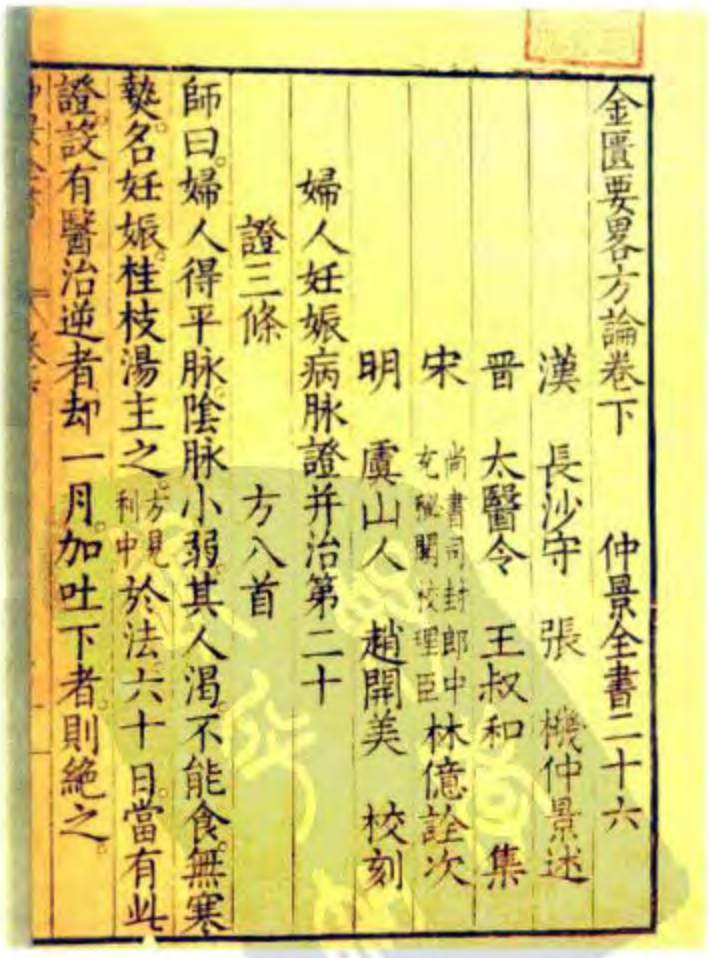
图 2-13　伤寒杂病论

东汉末年张仲景著，被誉为第一部理、法、方、药俱备的中医学著作。传世本分为专述外感病治疗方法的《伤寒论》和论述多种杂病治疗方法的《金匮要略》。宋以后研究这两部著作的医家众多，并将《伤寒论》中按“三阴三阳”划分外感病为六个病理阶段的方法称之为“六经辨证”，尊奉张仲景为“医圣”。明万历二十七年（1599）虞山赵开美校刻本。现藏中国中医科学院图书馆。


傷寒論卷第一　仲景全書第一
漢　張仲景述　晉　王叔和撰次
宋　林　億校正
明　趙開美校訓
沈　琳仝校
辨脉法第一　平脉法第二
辨脉法第一
問曰脉有陰陽何謂也答曰凡脉大浮數動滑此名陽也脉沈濇弱弦微此名陰也凡陰病見陽脉者生陽病見陰脉者死

(a)《伤寒论》书影


金匱要畧方論卷上　仲景全書二十四
漢　長沙守　張機仲景述
晉　太醫令　王叔和　集
宋　尚書司封郎中充秘閣校理臣林億詮次
明　虞山人　趙開美　校刻
臟腑經絡先後病脉證第一
論十三首　脉證二條
問曰上工治未病何也〇師曰夫治未病者見肝之病知肝傳脾當先實脾四季脾王不受邪即勿補之中工不曉相傳見肝之病不解實脾惟治肝


金匱要畧方論卷下　仲景全書二十六
漢　長沙守　張機仲景述
晉　太醫令　王叔和　集
宋　尚書司封郎中充秘閣校理臣林億詮次
明　虞山人　趙開美　校刻
婦人妊娠病脉證并治第二十
證三條　方八首
師曰婦人得平脉陰脉小弱其人渴不能食無寒熱名妊娠桂枝湯主之方見利中於法六十日當有此證設有醫治逆者却一月加吐下者則絕之

(b)《金匮要略》书影

图 2-13　伤寒杂病论

图 2-14 《难经》

成于东汉时期，以问答形式写成，计 81 问。故唐以前的医学著作引用此书内容时，多称《八十一难》或《八十一问》。由于此书主要是通过阴阳、五行学说对脉诊、脏腑、腧穴、疾病等方面的一些重要理论问题展开讨论，所以在宋代以后地位逐渐上升，成为重要的经典著作，并被称为《难经》。明刊医要集览本，现藏中国中医科学院图书馆。

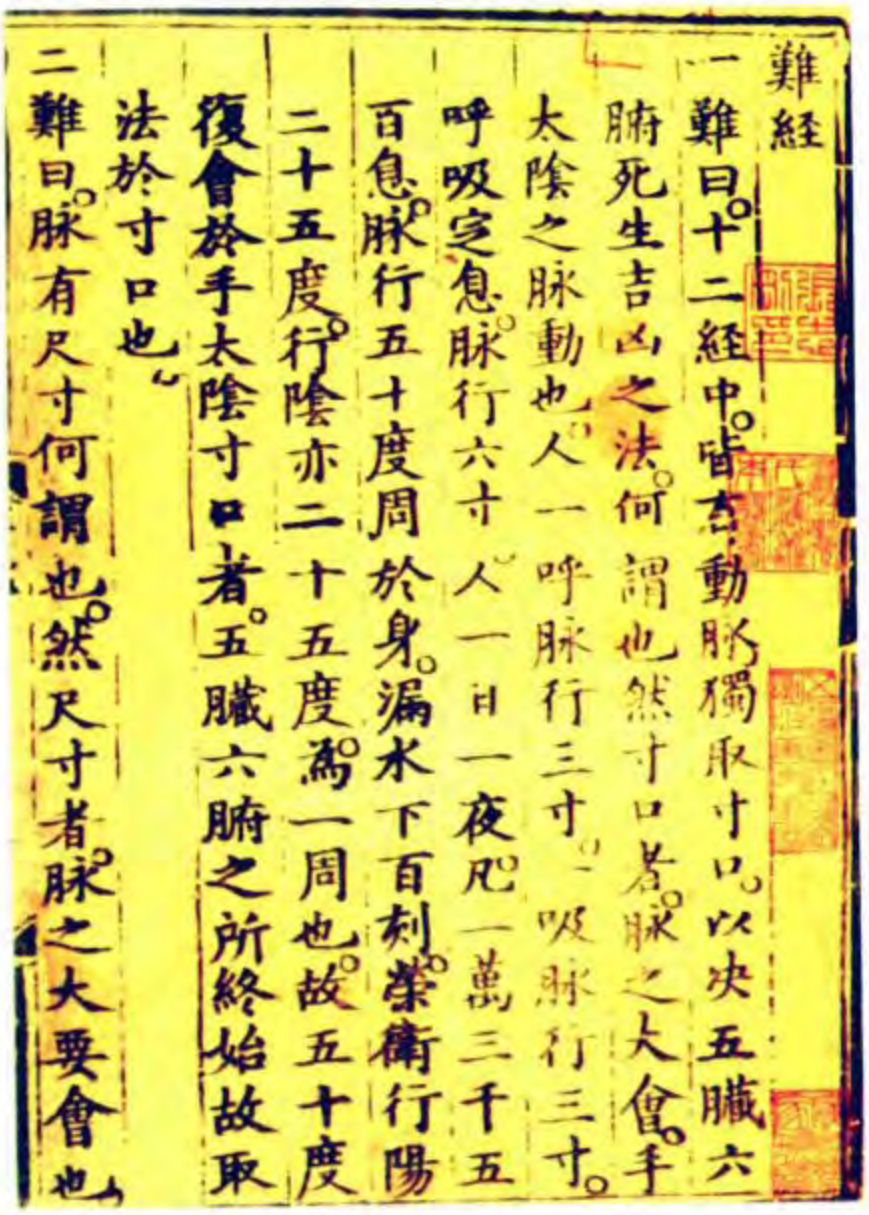


图 2-14 《难经》

图 2-15 神医画像石

东汉。纵 94 厘米，横 92 厘米，山东微山两城镇出土。此图系三层浅浮雕。神医针灸图在第二层左侧，为一人首、鸟身的神医为一个蓄辫人诊病，后四人在等候诊治。现藏山东曲阜孔庙。

图 2-16 五禽戏图

三国医家华佗所创，因模仿虎、鹿、熊、猿、鸟五种动物的动作形态而得名。用以治病、健身："体中不快，起作一禽之戏，沾濡汗出，因上著粉，身体轻便，腹中欲食。"至今仍广泛流传。

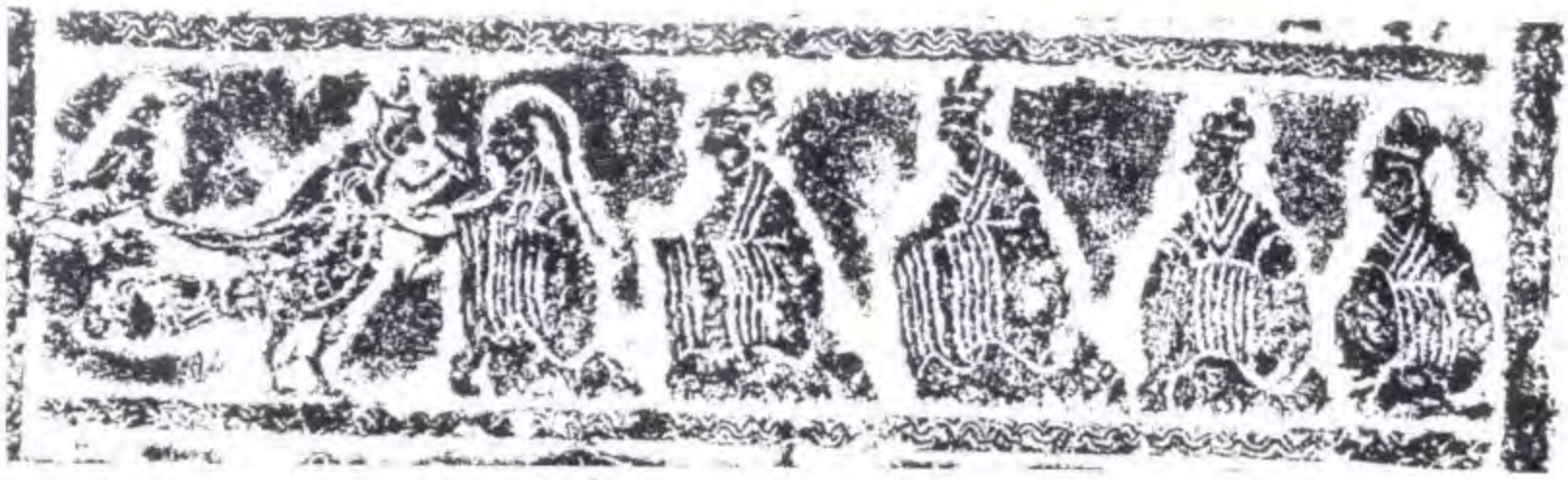


图 2-15　神医画像石

图 2-16　五禽戏图

图 2-17 《脉经》

现存最早的脉诊专著，西晋太医令王叔和编撰。该书系统总结了脉诊的方法及其理论体系，归纳有关脉象的种种描述 24 种，并明确了寸口脉（腕部桡侧动脉）的三部划分法及各部与脏腑的对应关系。寸口脉的诊查，从今本《黄帝内经》不分部，经历《难经》时代分为尺、寸二部，最终形成《脉经》的寸、关、尺三部，一直沿用至今。明万历二十九年（1601）吴勉校勘王肯堂《古今医统全书》本。现藏中国中医科学院图书馆。

图 2-18 《本草经集注》

梁代陶弘景（456～536）编撰。敦煌石室藏六朝写本。该书以赤色书写《神农本草经》的内容，以墨色抄写历代名医发挥与增加的内容。所载药物为《神农本草经》的两倍，是药物知识的第二次系统整理。在分类上，将“按自然属性分类”和“三品分类”的方法结合在一起，即在玉石、草、木、虫兽、果、菜、米食、有名无实之下，再分上、中、下三品。

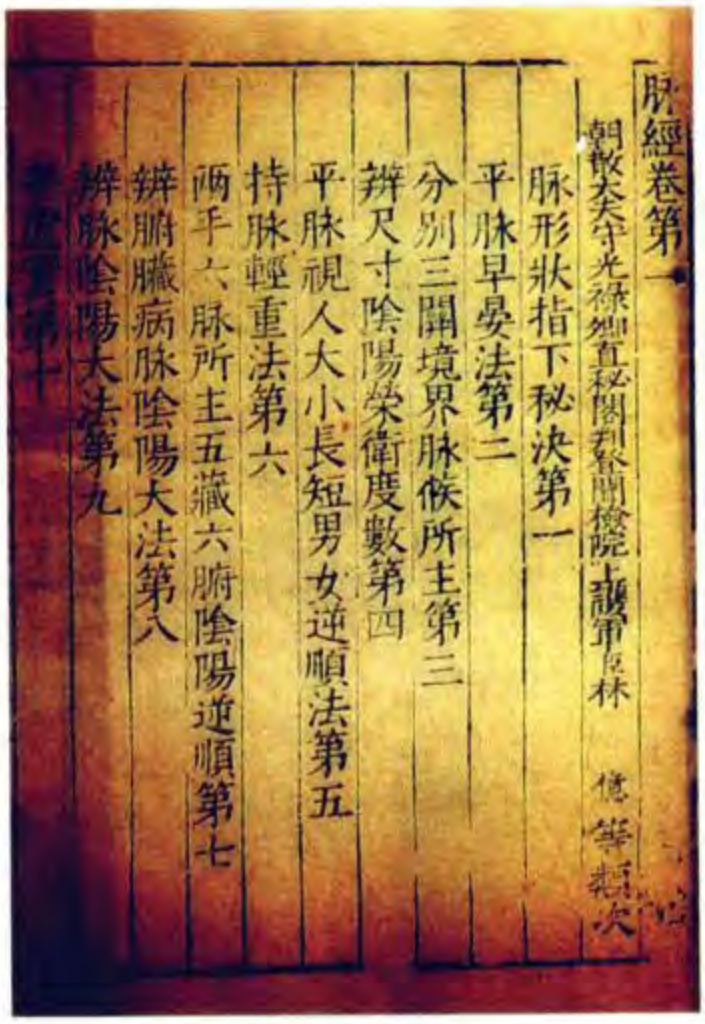


图 2-17 《脉经》

图 2-18 《本草经集注》

图 2-19 越窑药壶

唐代。1974 年浙江宁波唐大中年间遗址出土。高 8.6 厘米，口径 5.6 厘米，底径 5.2 厘米。胎质灰白，质地坚密。通体施青黄釉。敞口翻沿，束径，鼓腹，平底。肩腹部前有一六角形壶嘴，右侧有一銎把，可插入木柄，是一种温药用具。现藏宁波市文物考古研究所。

图 2-19　越窑药壶

图 2-20　《新修本草》

由文字与药图两部分组成，共54卷。由唐政府组织苏敬等23人在重校《本草经集注》的基础上，动员全国广征药物以充实其内容而成；并由政府颁布，故有“第一部药典”之誉。该书是药物知识的第三次系统整理，收载药物增至844种，且含有不少外来药物；新增药图25卷，亦属首创。图2-20（a）英藏敦煌文献；图2-20（b）《新修本草》书影，现藏台北故宫博物院。

(a) 英藏敦煌文献

(b)《新修本草》书影

图 2-20　《新修本草》

图 2-21　千金方

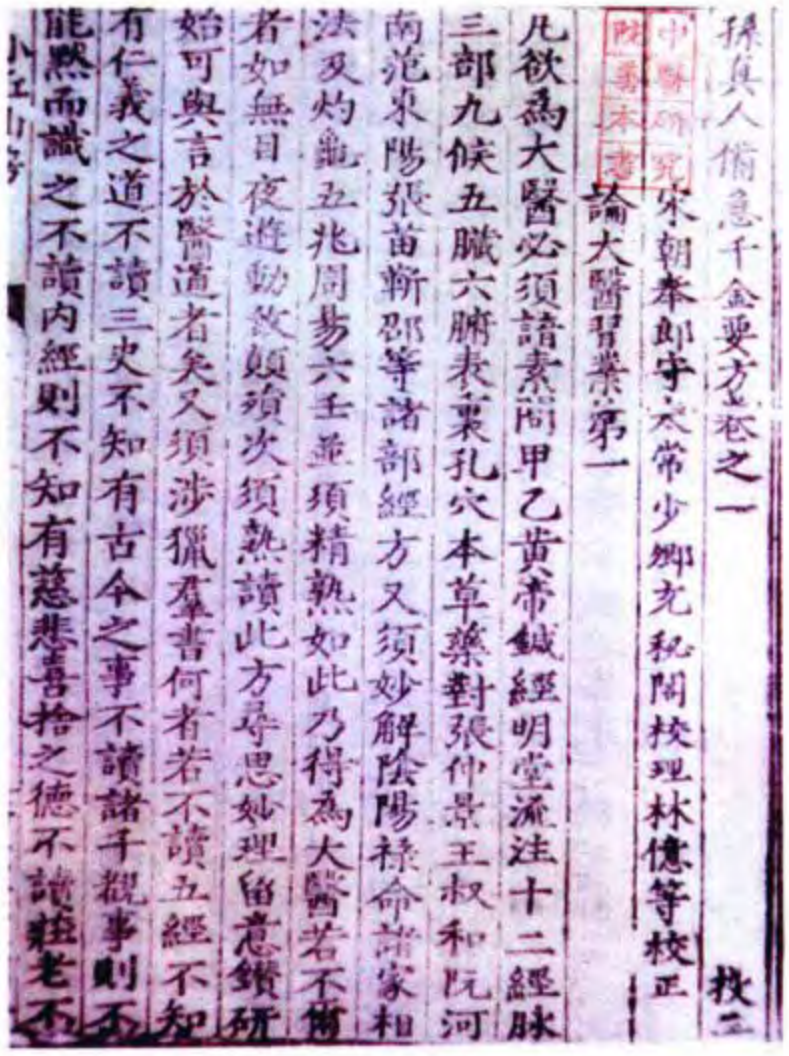
唐孙思邈（约 581～682）编著，包括《备急千金要方》［图 2-21（a）］和《千金翼方》［图 2-21（b）］各 30 卷。医学百科全书式的编写方式体现了孙思邈的博学多闻。两书收录药方 6500 余首，以及内、外、妇、儿、养生等方面的各种治疗与保健方法，是初唐之前医药学知识的系统而全面的整理总结。

图 2-22　艾灸图

南宋·李唐作。一般认为此画描绘的是“村医为病人灸艾之状”。游行民间的“铃医”、“草泽医”，与具有较高文化素养的“儒医”或有一定身份的“官医”不同，他们大多具有一技之长，能够使用简捷有效的治疗方法取效，靠此谋食四方。现藏台北故宫博物院。

图 2-23　南宋沉船出土的香料、药物

1974 年福建泉州南宋沉船出土香料、药物。胡椒是重要的调味品和药物。在印度医学中，胡椒常与荜拨、干姜同用，称为“三辛”，是最常用、最重要的药物之一。南宋沉船出土的胡椒及沉香等其他药物，反映出中外医学交流的状况。现藏泉州海外交通史博物馆。



(a) 《备急千金要方》 (b) 《千金翼方》

图 2-21 千金方

图 2-22 艾灸图

(a) 胡椒

(b) 乳香、玳瑁、龙涎香

图 2-23　南宋沉船出土的香料、药物

图 2-24　《洗冤集录》

南宋宋慈（1186～1249）在历任司法要职期间，根据实际经验和前人检验、断狱的案例记载编成。对于如何进行尸体检验、人证调查、物证搜集、现场勘察等有全面的论说，构建了检验工作的规范。由于此书基本上包括了现代法医学在体表及骨骼等方面直观检验的大部分内容，故被誉为“第一部法医学专著”。

图 2-25　《和剂局方》

全称为《太平惠民和剂局方》，是宋代太医局编撰的成药处方集，成于北宋末年。“和剂局”为当时官药局下属的制药工厂，负责将天下名医进呈并经太医局验试的有效方剂制成成药出售。此书撰成后即颁行海内，成为各地药局的制药范本，因而有世界最早的“药局方”之称；又因对南宋医学产生了巨大影响，故有人认为南宋医学的特点为“局方学”。

图 2-26　针灸铜人

北宋医官王惟一奉诏考订经络腧穴，撰成《铜人腧穴针灸图经》，并于 1027 年铸成直观反映人体经络腧穴位置的模型。考试时，将铜人外表涂蜡，内灌液体，如受试者能将针准确刺入穴位所在部位的小孔，则有液体流出。此后曾有多次仿铸，留下了式样不同的各种针灸铜人。

图 2-26（a）宋天圣铜人复原件，现藏中国医史博物馆。

图 2-26（b）清针灸铜人，现藏上海中医学院医史博物馆。

图 2-26（c）清藏蒙医针灸铜人，现藏内蒙古医学院。

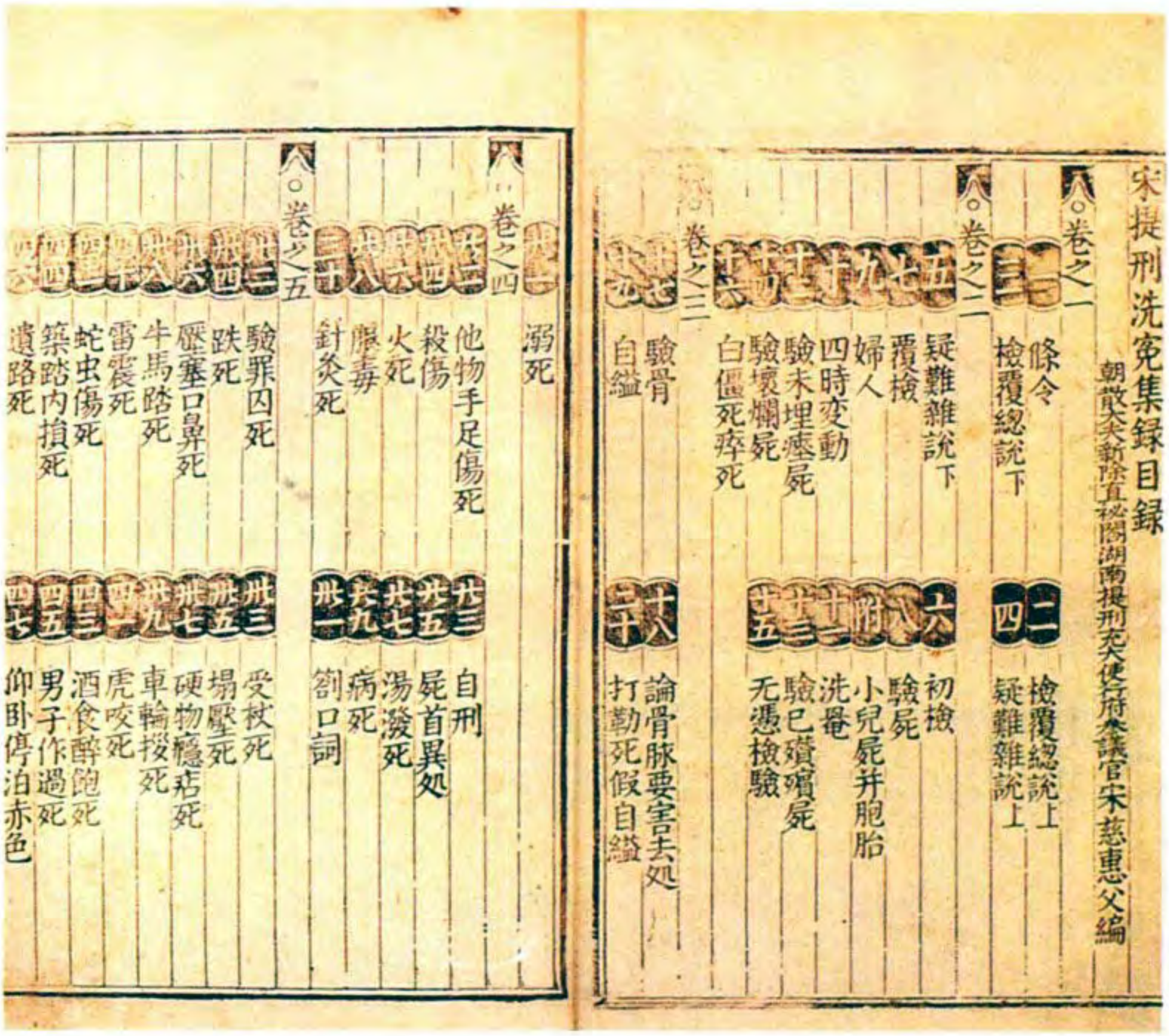


图 2-24 《洗冤集录》

图 2-25 《和剂局方》

(a) 宋天圣铜人复原件图

(b) 清针灸铜人

(c) 清藏蒙医针灸铜人

图 2-26 针灸铜人

图 2-27 《饮膳正要》

图 2-27 《饮膳正要》

元代食疗专著，作者为时任饮膳太医的忽思慧。有关食疗的最早记载见于《周礼》，但当时“食医”的职责为掌管宫廷的饮食，并非全属治疗。此书融合了元代多民族的保健饮食，讲述了有关饮食宜忌方面的各种知识。但这些并没有成为后世平民的食疗膳食谱，只是其中一些具有民族特点的药物逐渐融入中医的药物体系。因而有人评价该书在文化交流方面的价值大于医学价值。

图 2-28　神农采药图

辽代作品，1974 年山西应县佛宫寺木塔出土。自汉代以来，世人据《淮南子》所云神农尝百草，一日而遇七十毒的说法，将神农奉为药学始祖。此图描写神农身背药篓、手持采药工具与灵芝，行走于山岭之间的景象。现藏山西省博物馆。

图 2-28　神农采药图

图 2-29　《素问·玄机原病式》

图 2-29　《素问玄机原病式》

“金元四大家”之一刘完素（约生活于12世纪）的代表作。该书仿《素问·至真要大论》“病机十九条”的形式论说各类疾病的原因，将《素问》中讲述自然界之“五运六气”致病的运、气，置换为根据病症推导出的“病气”。其中，又尤以属火、属热的病症发挥最多，从而构成了以刘完素为代表的河间学派“火热论”理论体系。明《医统正脉》本，现藏中国中医科学院图书馆。

图 2-30　《脾胃论》

图 2-30　《脾胃论》

“金元四大家”之一李杲（1180～1251）的代表作，载医论36篇、方论63篇。全书旨在阐发“内伤脾胃，百病由生”的学术思想，强调胃气的重要性。《脾胃论》与他的另一部重要著作《内外伤辨惑论》互为印证，形成了以李杲为代表的“补土派”的学术宗旨。与朱丹溪[①]的学说一同被日本医家称为“李朱医学”，具有广泛的影响。明《医统正脉》本，现藏中国中医科学院图书馆。

① 名震亨。家居义乌丹溪，故人称丹溪翁——编辑注。

图 2-31　《格致余论》

“金元四大家”之一朱震亨(1282～1358)的代表作。与其另一重要著作《局方发挥》相同，都是批评当时在《和剂局方》的影响下医家好用辛香燥烈之药的时弊，主张人体的问题多是“阳常有余，阴常不足”，应该用“补阴”之法加以纠正，从而形成了以朱震亨为代表的“补阴派”的思想主旨。流传于世、冠有“丹溪”之名的著作有数十种，正是因为其弟子众多、影响广泛所致。明《医统正脉》本，现藏中国中医科学院图书馆。

格致餘論

金華　朱彦脩

新安　吳中珩

飲食色欲箴序

傳曰飲食男女人之大欲存焉予每思之男女欲所關甚大飲食之欲於身尤切世之淪胥陷於其中者蓋不少矣苟志於道必先於此究心因作飲食色欲二箴以示弟姪并告諸同志云

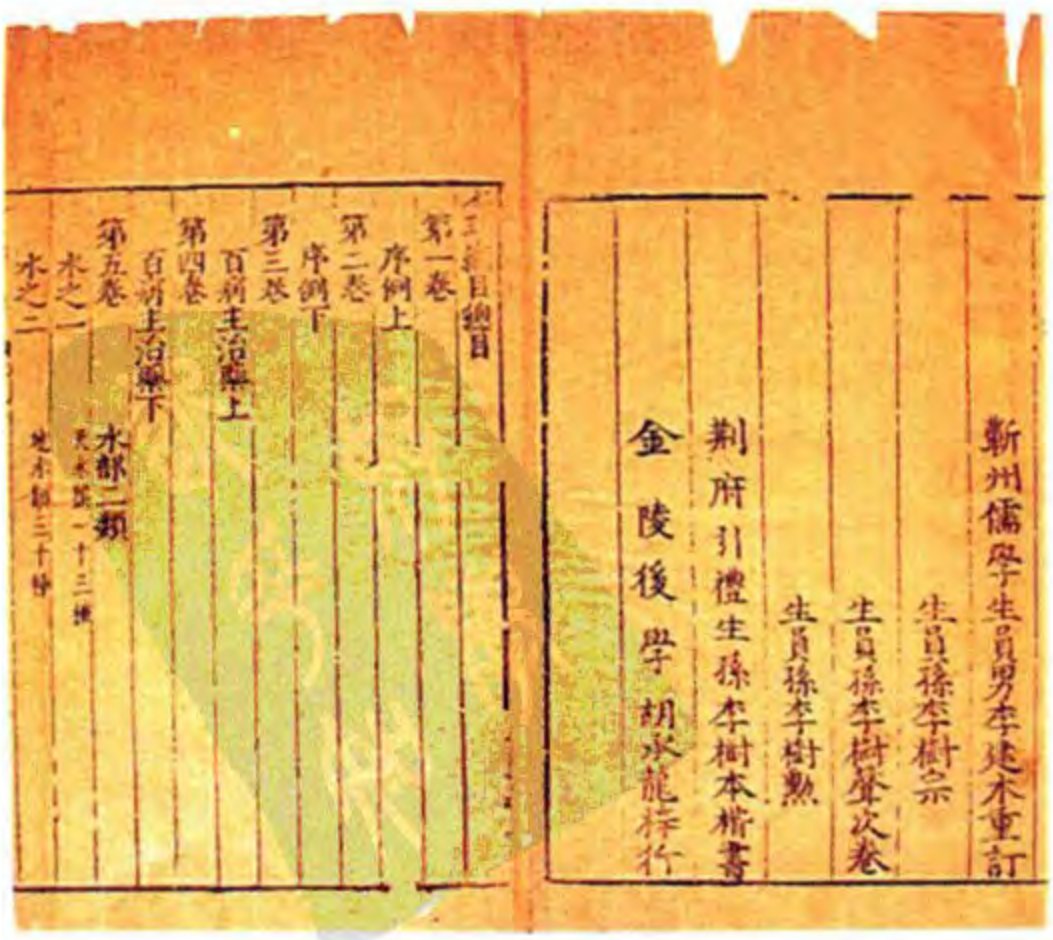
飲食箴

人身之貴父母遺體爲口傷身滔滔皆是人有此

图 2-31　《格致余论》

图 2-32　《本草纲目》

明代医家李时珍（1518～1593）历时 26 年，稿经三易，始成这部享誉中外的本草巨著。因本书按药物的自然属性分 16 部为纲，又细分 60 类为目，故名为《本草纲目》。书中 1479 种药物取材于宋代《证类本草》，374 种为新增，共计载药 1892 种。在其问世后的数百年间，翻印 70 余次，并有多种外文节译与全译本。



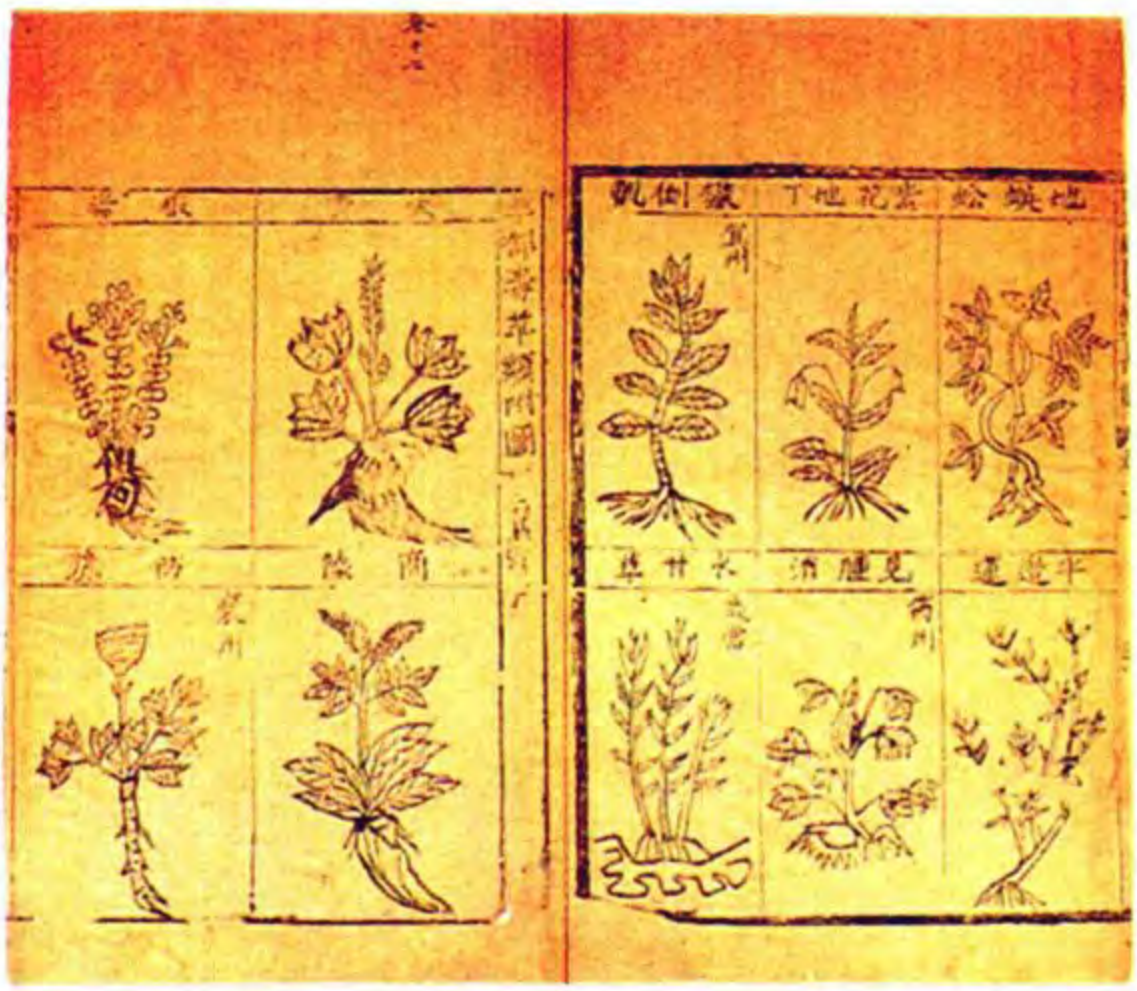


图 2-32　《本草纲目》

图 2-33　《本草品汇精要》

明代朝廷组织编撰的大型本草著作，由医官刘文泰领衔。成于 1505 年，计 42 卷，有精美彩图 1358 幅。但由于该书一直深藏宫中，所以对社会的影响不大。图 2-33（a）清抄绘本摹造本，现藏意大利罗马图书馆。图 2-33（b）清抄绘本，日本大塚恭男收藏。

(a) 葡萄图

(b) 龙骨图

图 2-33　《本草品汇精要》

图 2-34　修事云母

矿物药的使用与炼丹术间，在制药技术方面具有相互借鉴的密切关系。唐代之后，人们逐渐认识到服食丹药以求长生的危害，但这些制药经验，对于配制以矿物药为主体组成的具消炎、生肌、托里排脓等功效的外用药，十分宝贵。明抄绘本。现藏中国国家图书馆。

图 2-34　修事云母

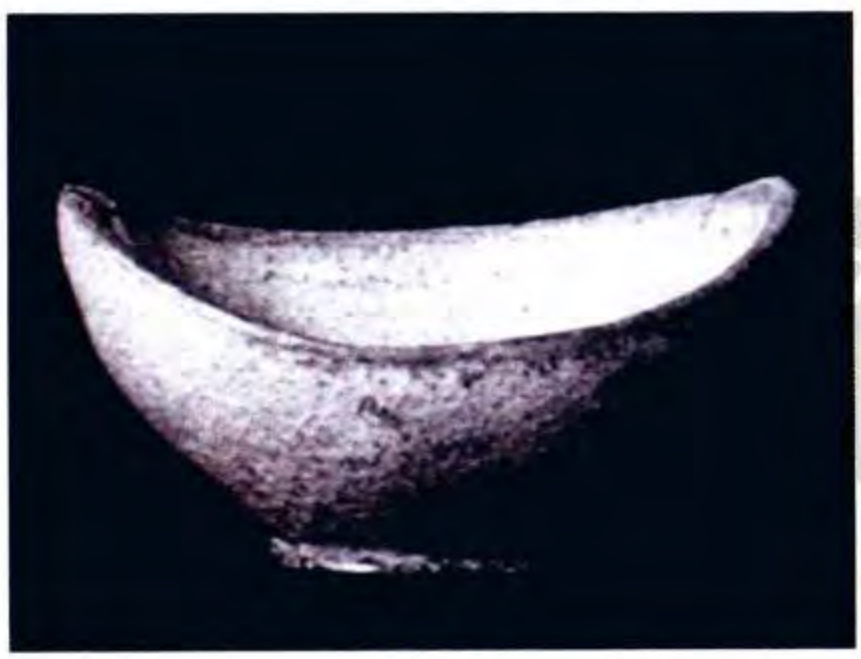
图 2-35　点眼图

中医眼科在理论上曾受到印度眼科“五轮”分部的影响，在治疗技术方面吸收了“金针拨内障”等方法，从而形成了内外兼顾、药物与手术并用的格局。

图 2-36　《瘟疫论》

明末医家吴有性于 1642 年著成。因“古无瘟疫专书，自有性书出，始有发明”（《清史稿·吴有性传》），而被认为是清代温病学派的先驱。该书通过实际观察与“格物穷理”的思考，认为瘟疫与一般外感病的病因不同，乃是天地间种种具有特定属性的“戾气”自口鼻而入所造成。并设想，一旦能够知道何物能制其气，则一病只需用一药，不必再用汗、吐、下之法，不烦处方加减变化之劳。清康熙四十八年（1709）刻本。现藏中国中医科学院图书馆。

(a) 元山西芮城永乐宫纯阳殿壁画摹图



(b) 南朝青瓷洗眼杯

(c) 故宫博物院藏清代熏眼器

图 2-35　点眼图

温疫論卷之一

延陵吳有性又可甫著

儀眞劉　啟方舟校梓

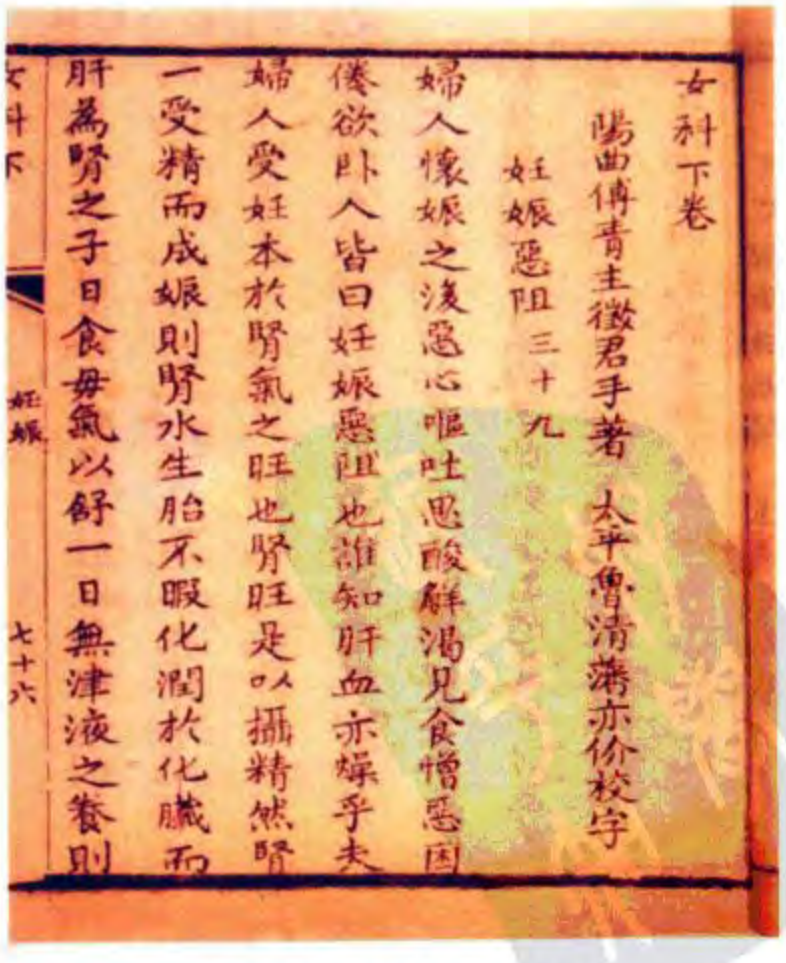
原病

病疫之由昔以爲非其時有其氣春應温而反大寒夏應熱而反大凉秋應凉而反大熱冬應寒而反大温得非時之氣長幼之病相似以爲疫余論則不然夫寒熱温凉乃四時之常因風雨陰晴稍爲損益假令秋熱必多晴春寒因多雨載之亦天地之常事未

图 2-36　《瘟疫论》

图 2-37　《傅青主女科》

中医妇科以经、带、胎、产四方面的疾病为主要治疗对象。因古代接生由稳婆操作，近代以来产科独立，故中医妇科实际是以治疗妇科疾病见长。明末清初著名爱国志士、文学家、书法家傅山（1607～1684）又擅长医学，所著《傅青主女科》至今仍是具有广泛影响的中医妇科著作。清道光七年（1827）太邑友文堂藏板。现藏中国中医科学院图书馆。


女科下卷

陽曲傅青主徵君手著　太平魯清滿亦佘校字

妊娠惡阻三十九

婦人懷娠之後惡心嘔吐思酸解渴見食憎惡困倦欲卧人皆曰妊娠惡阻也誰知肝血亦燥乎夫婦人受妊本於腎氣之旺也腎旺是以攝精然腎一受精而成娠則腎水生胎不暇化潤於化臟而肝爲腎之子日食母氣以舒一日無津液之養則

女科下　妊娠　七十六

图 2-37　《傅青主女科》

图 2-38　《医林改错·亲见改正脏腑图》

清代医家王清任（1768～1831）在多年身临刑场、检视脏腑的基础上，绘成此图。比以往更为接近实际地表现了内脏器官的形态。但在功能解释上仍然无法超越前人。例如，图中的“气府”、“出水道”等都是基于想象的功能解释。

图 2-38 《医林改错·亲见改正脏腑图》

图 2-39 内景图

清宫如意馆绘。道教除注重炼丹以求将金石不朽之性转移到人体外，还十分注重入静行气等修炼方法，认为在此状态与过程中，可反观人体“内景”。南北朝时期的《黄庭内景经》等著作，尚只涉及用文字描述内脏形态、各部所藏之神等。此清代内景图，已然完全是依照自然图景比附人体内部构造或行气修炼过程中的虚幻景象。现藏中国医史博物馆。

图 2-40 外科手术刀具

中医外科古称“疡医”，主要治疗躯体的各种化脓性感染、皮肤病、肿物、损伤。在注重整体的思想观念指导下，中医外科始终包含内治与外治两方面的内容。最常用的外治法为：切开、切除、烙法、针灸、挂线、结扎、溻渍、蛭吸、熨法、角法等。图中五件手术刀具是仿我国古代兵器做成的，为陕西泾阳李明廉祖传遗物。现藏陕西中医学院医史博物馆。

图 2-39　内景图

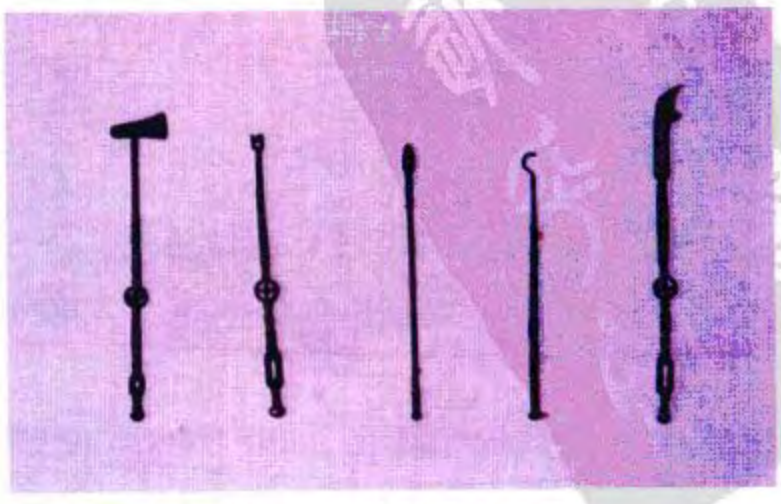


图 2-40　外科手术刀具

图 2-41　按摩导引养生秘法图

按摩与导引是中医治疗与养生保健方法的重要组成部分。其指导思想为：通过主动或被动的运动，达到运动躯体、畅通气血、治病健身的目的与效果。再者，由于中医认为经络系统沟通人体内外，所以按摩体表穴位，同样可以治疗内脏疾病。图 2-41 为清人绘制的按摩导引养生秘法图。现藏中国医史博物馆。

图 2-41　按摩导引养生秘法图

图 2-42　太医院按摩器

清，木质。图 2-42 中的太医院按摩器分别长 35 厘米和 18 厘米。用于自我按摩。现藏中国医史博物馆。

图 2-42　太医院按摩器

图 2-43　药铺图

古代医生多是自己采药、制药、备药；宋以后随着城市经济的发展，出现了医药分离；至清代，在全国各大城市已药店林立。凡规模较大、经营长久的药店，必货真价实，童叟无欺；经营得法，制度完备。图为清人绘制北京药铺及其招幌。

(a) 药铺图

(b) 药铺幌子

图 2-43　药铺图

图 2-44　上海苏州河畔的中央医院

1834 年，被美国长老会封为传教医生的伯驾（P. Parker）在广州创办眼科医局，此后教会医院逐渐在各地兴起。据 1921 年对从东北三省到福建、广东等 17 省区的统计，教会医院已多达 256 所，并有许多独立于医院之外的药房。图 2-44 是创建于 1870 年、位于上海苏州河畔的中央医院。

图 2-44　苏州河畔的中央医院

图 2-45　同仁堂配方

北京同仁堂创办于 1669 年，是中药业最著名的“百年老店”。以制药工人长期积累的经验和“炮制虽繁，必不敢省人工；品味虽贵，必不敢减物力”的商业道德，使得其“地道药材”及以此制作的丸、散、膏、丹等中成药，在民众中享有极高的声誉。是宋代儒商所倡“义利并进”的成功典范。该配方本现藏中国第一历史档案馆。

图 2-45　同仁堂配方

图 2-46 竹拔火罐

图 2-46 竹拔火罐

利用负压达到排脓去腐之目的，在中国传统医学中，始见于马王堆汉墓出土的《五十二病方》。由于最初使用动物之角，故后人称其为“角法”。此后在汉族和许多少数民族的传统医学中，都可见到用角或竹筒、瓷罐等器物吸取脓血的方法，以及按经络循行部位或直接在疼痛、肿胀部位“拔罐”治疗的方法。图 2-46 为云南少数民族医用竹拔火罐。

图 2-47 藏医脉络图

自吐蕃王朝（7～9 世纪）与内地广泛交流后，在藏医中开始出现与中医基本相同的诊脉方法。其后伴随着佛教的传播，藏医中又可见到印度医学对于人体“脉”的论说内容。流传于世的 12 世纪修订本《四部医典》中，有“初成脉”、“连接脉”、“黑脉”、“白脉”等相当于人体血管和神经的描述。

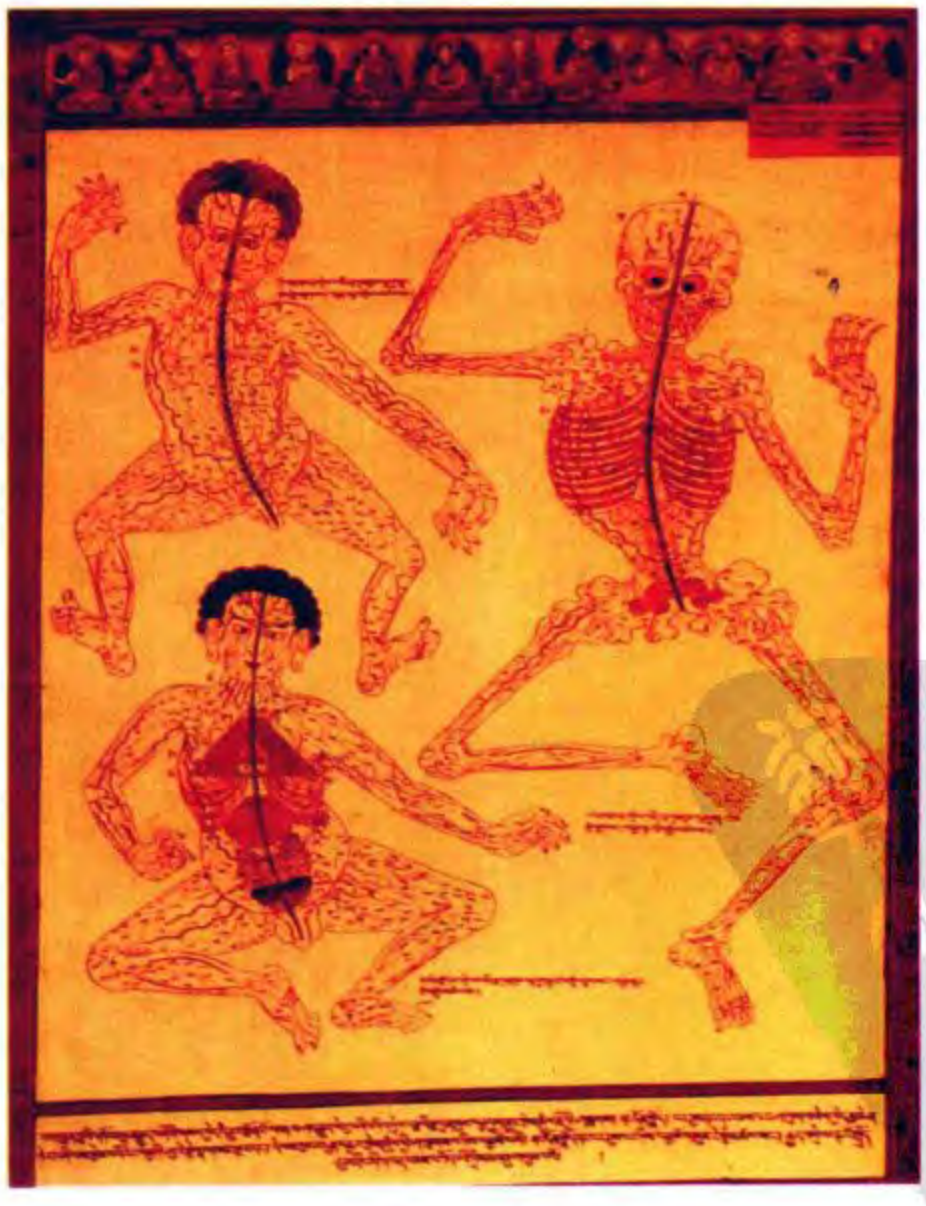


图 2-47 藏医脉络图

图 2-48　蒙医药包、拔火罐

16 世纪后，蒙医形成三大流派：擅治骨伤病的传统派；随《四部医典》传入而成的藏医派；兼收并蓄蒙、藏、汉医者。其基础理论称“三根学说”，即赫依（气）、希拉（火）、巴达干（土水）。认为所有疾病可归因于赫依病、希拉病、巴达干病、血病、黄水病、虫病。18 世纪形成以寒热理论为主导的独立理论体系。图 2-48（a）为清蒙医药包。现藏中国医史博物馆。图 2-48（b）为清蒙医拔火罐，高 5 厘米、口径 3.4 厘米。现藏陕西中医学院医史博物馆。

(a) 蒙医药包

(b) 蒙医拔火罐

图 2-48　蒙医药包、拔火罐

图 2-49　《医方类聚》

朝鲜医家金礼蒙等撰于 1443 年，1465 年初刊。计 365 卷，分类整理了 150 余种中、朝古代医籍。是一部资料丰富的大型医学类书，有较高的学术和临床参考价值。原书已佚，1861 年日本用活字排印了 266 卷本。

图 2-49　《医方类聚》

第三章　天　文　学

中国古代天文学有着悠久的历史，并取得了辉煌的成就，它是同中华民族的起源、发展、兴盛与一度中落相伴随的。在特定的社会思想、强烈的政治干预、普适的学术传统、务实的技术与思想路线的共同作用下，中国古代天文学形成了自己的特质：一方面是源远流长、根深蒂固的占天以知吉凶的传统，一方面是精于观测和以代数学方法逼近表达天体运动为特征的数理天文学体系，而后者主要呈现在历法之中。由于历法多以现代人较难卒读的名词、术语来表述，所以，我们只能从与之有直接关联或关乎其基础的若干图像，尽量加以描述。

星图与星表可以看作历法的一部分。河南省濮阳龙虎北斗图展示了大约距今 6000 年前的人们进行天区分划的成果，实际上中国传统的天区四象分划法至迟应肇始于此。随后是 28 宿体系的建立。关于星图则经历了示意式，写实式和科学式的演进，它们是随着对恒星位置不断准确的测量与表达方式的不断改进达成的。其间，西方黄道 12 宫以及新星官的传入和中国传统的星图融于一炉，诚为一件盛事。星表则是摹写星空的另一种形式，它也经历了星官、星数逐渐增多与精确化的过程。

干支纪日法至迟始于殷商时期，至今没有中断，这是世界上沿用时间最长的纪日法。东汉以后又用干支纪年，亦至今不辍。这是世界上既独特又便捷合理的纪日、纪年法。

异常天象（日食、月食、彗星、流星、流星雨、陨石、太阳黑子、新星、超新星等）颇受古人重视，被认为是天人之际互动的景象。对其进行观测、记录与占候的历史悠长，经久不息，而且内容丰富多彩，形成了相对完整与可靠的古天象信息库，成为一份珍贵的科学遗产，这也许是古人始料不及的。

历书是历法为人们的生产，生活服务的重要表现形式。历日的安排，节气、节庆时日和昼夜长短等的推定乃至日月食的预报，是它基本的科学框架，从而给全社会的协调运作，在时间节奏上以根本的约定。在历书中还有诸多含强烈主观性质的历注，也力图要制约人们的生产与生活，遂使历书形成鱼龙混杂的局面。

官办天文学是中国古代天文学的又一显著特征。统治者要把天人交通的特权紧紧掌握在自己的手中，以彰显皇权天授、替天行道的理念，历法的颁布则成为皇权的象征。关于专职天文官的设置、天文观测场所的建立，可以追溯到遥远的传说年代，距今约 4000 年前已出现由观测日出以定时节的观象台，到西周时期设有灵台已是不争的事实。秦汉时期天文机构已成为政府一个不可或缺的部门，此后遂成定制。而与之密切相随的则是皇家天文台的设置。河南洛阳汉魏灵台遗址、河南登封元代观星台和北京明清观象台等，是现存具有代表性的皇家天文台。

中国古代天文学以勤于观测与精于观测著称，各种天文仪器的先后发明，是这些观测工作渐趋精细的佐证。计量时间的仪器，主要有计量水的流量以计时的刻漏，它经历了沉箭单壶—浮箭双壶—补偿式多壶—漫流式多壶的发展过程。它们成为中国独特的报时系统（钟鼓楼系统）的核心仪器，同时又是天文台精密测时的利器。还有由测量日影的方向变化以计时

的日晷（地平式或赤道式），它们是刻漏的重要补充。圭表主演是用于测量日中时晷影长短变化以定节气的仪器，它还可用于校正时间、测定方向和月、星的高度角等。浑仪是用于测量天体的赤道、准黄道或准白道坐标的仪器，亦可用于测量地方真太阳时。浑仪的肇始大约可以追溯到战国时期。简仪则是元代郭守敬（1231～1316）的新创，是世界上最早出现的大赤道仪，同时又具有地平经纬仪的功能。宋代苏颂（1020～1101）与韩公廉创制的水运仪象台，是集浑仪、圭表、演示天象的浑象、刻漏及其机械报时装置于一身的大型综合性天文仪器，是为世界天文钟的祖先。现藏北京古观象台上的8件天文仪器，是欧式和中式经典天文仪器的大展示，体现了中西科技交流的成果。此外，演示哥白尼日心学说的七政仪等仪器的传入，也是中西天文学交融的大事。

图 3-1　河南省濮阳市出土的龙虎北斗图

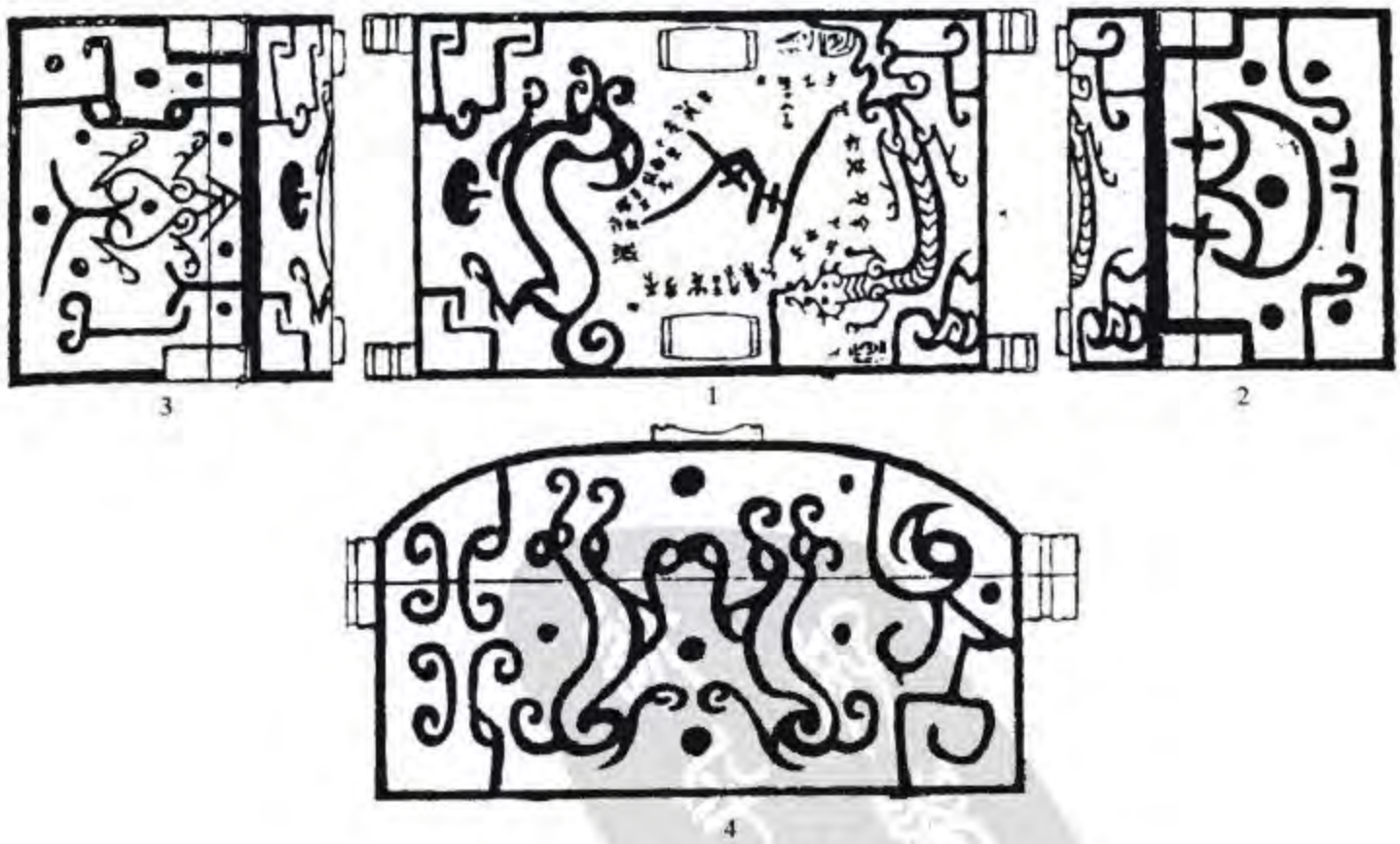
1987年河南省濮阳市西水坡45号墓出土。龙、虎图像均以蚌壳摆塑，其走向基本上头北尾南，居于一男性骨架（高约1.8米）两侧。其北还有一以蚌壳摆放的三角形和人的两根胫骨组成的图案，应为北斗图像。它们应是由东龙、西虎两象与北斗组成的原始形象示意式星图。据碳14推定，其年代为公元前3850±110年。

图 3-1　河南省濮阳市出土的龙虎北斗图

图 3-2　曾侯乙墓出土的漆箱盖面星象与箱面展开图

1978 年湖北省随县曾侯乙墓出土。漆箱长、宽、高分别为 71 厘米、47 厘米、40.5 厘米。漆箱盖面［图 3-2（a）、（b）1］中央为一斗字图形，表示北斗，周围列 28 宿名，其东为龙、其西为虎的图像。漆箱的东［图 3-2（b）2］、西［图 3-2（b）3］、北［图 3-2（b）4］立面亦绘有星象图。这是中国古代最早绘出 28 宿名兼有北斗、龙与虎两象及有关星象的示意式星图。现藏湖北省随县曾侯乙墓博物馆。

(a) 曾侯乙墓出土的漆箱盖面星象图



(b) 曾侯乙墓出土的漆箱箱面展开图

图 3-2　曾侯乙墓出土的漆箱盖面星象与箱面展开图

图 3-3　“五星出东方利中国”锦质护膊古四象图

1995 年新疆维吾尔自治区民丰县尼雅遗址汉晋墓出土。长、宽分别为 18.5、12.5 厘

米，系带 6 条，长 21 厘米，用彩锦和白绢制成。上下两行织有“五星出东方利中国”字样，其间自左到右织有虎、龙、独角兽（可能是麒麟）、鹤与孔雀等图形，它们可能是中国早期四象的图像。现藏新疆维吾尔自治区考古研究所。

图 3-3　“五星出东方利中国”锦质护膊古四象图

图 3-4　西安交通大学西汉墓星图

1987 年西安交通大学西汉墓出土。本图为该墓穹顶的彩绘壁画星图。内、外两个大圆圈的直径分别为 2.2 米、2.7 米，两圆圈之间绘有龙、雀、虎、蛇四象，还绘有 80 多个星点，星点间多有黑线相连，分别展示 28 宿的形象，间或还绘有星宿象征物的图像。内圈之内绘有日、月、流云、鹤、凤凰等图像。是一以写实为主的星图。由钟万勋提供。

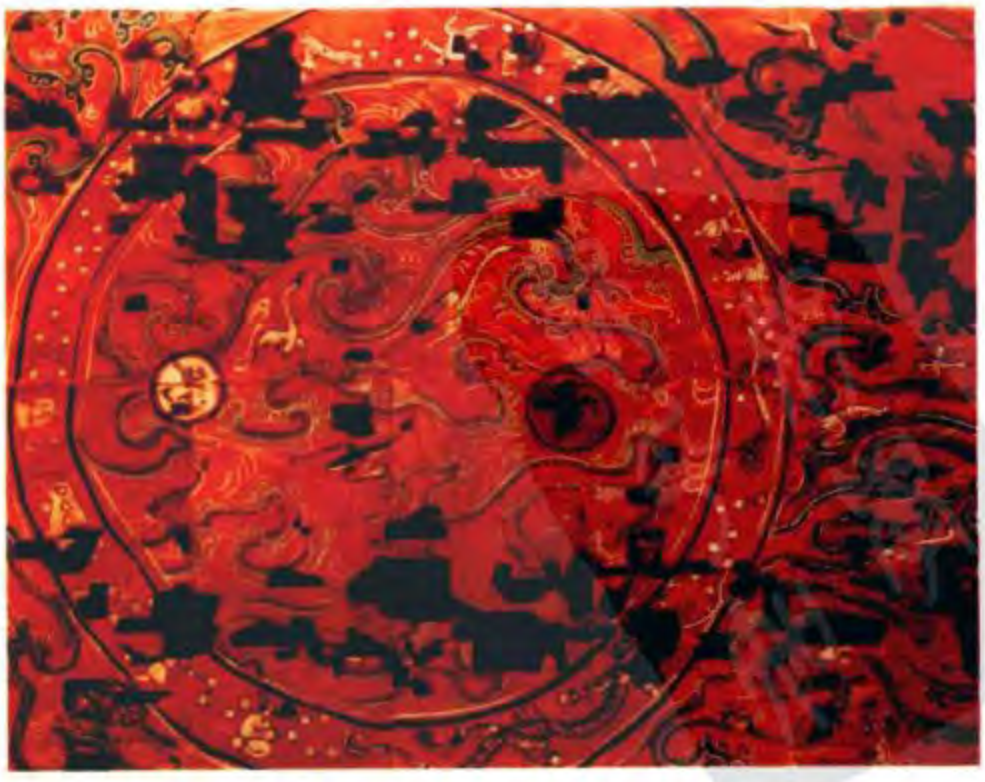
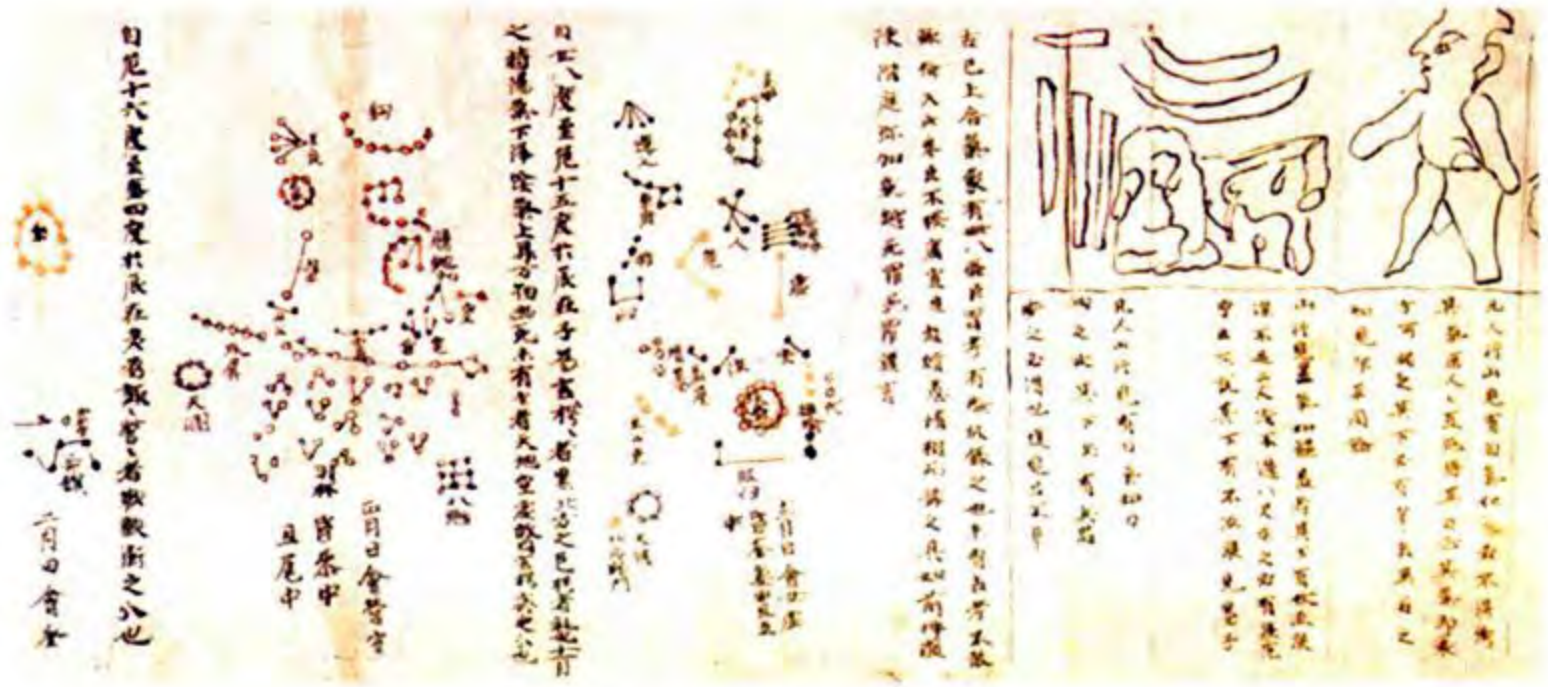


图 3-4　西安交通大学西汉墓星图

图 3-5 敦煌星图甲本

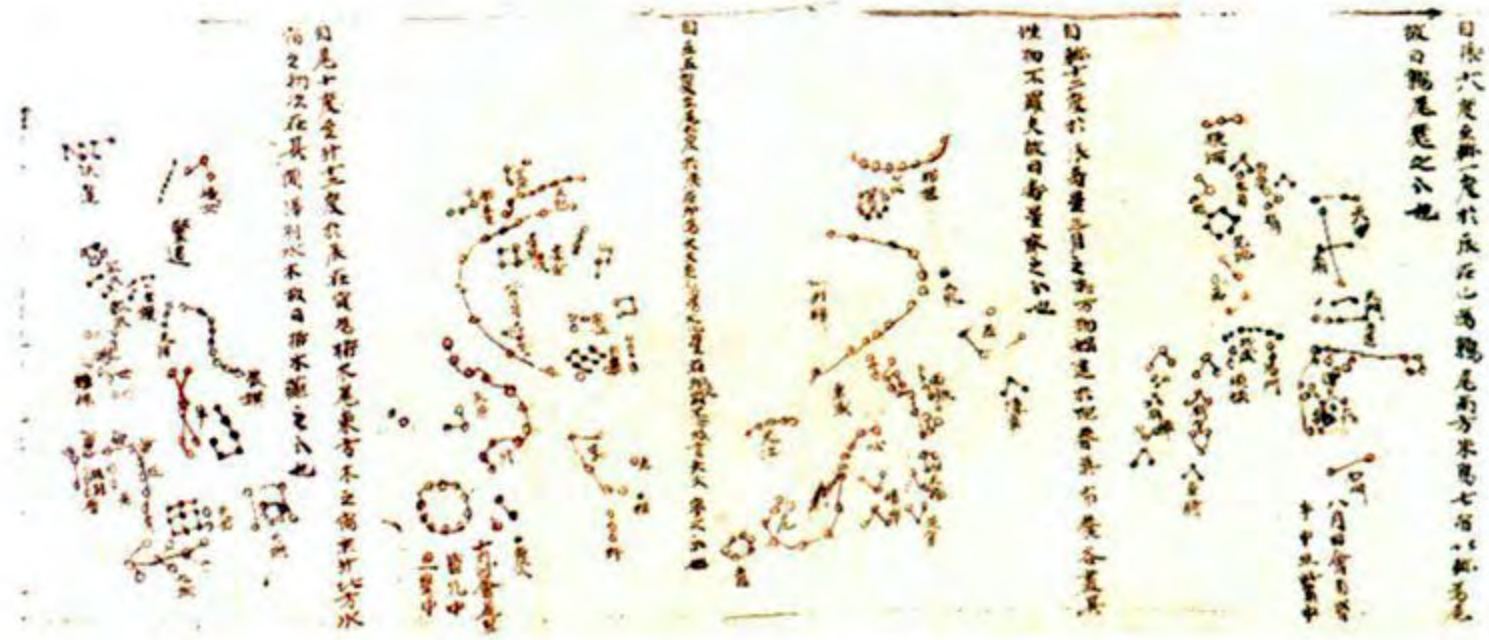
该图出自敦煌莫高窟，为一轴长卷。卷首为云气图，卷尾为电神图，其间为 12 幅按月（自十二月始）划分的星图和一幅北极附近的紫微垣星图［图 3-5（a）～（e）］。12 个月星图大体依据三垣二十八宿分划天区，依次给出赤道附近的星官。全图共有 278 个星官、1348 颗星，是由圆图和横图相结合写实性全天星图，约绘于公元 705～710 年间。现藏大英博物馆图书馆。



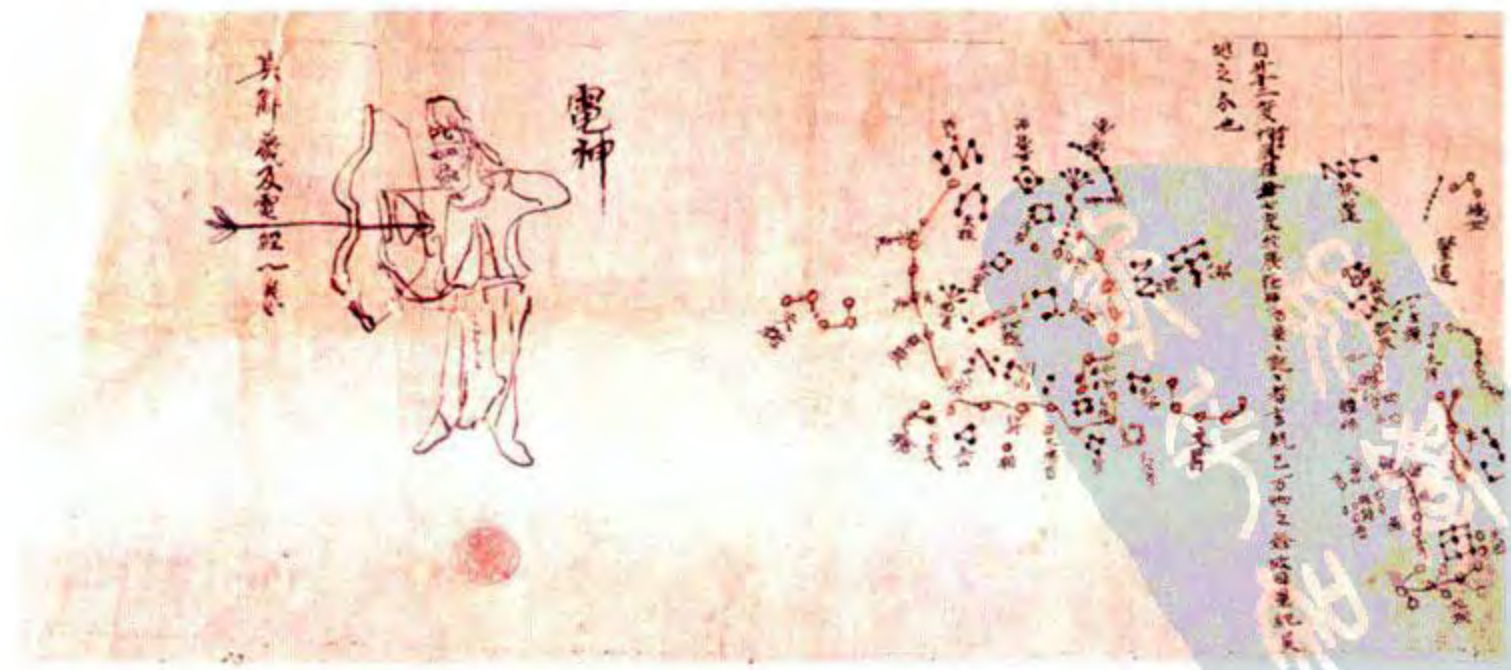
(a) 卷首云气与十二月、正月星图

(b) 二、三、四、五月星图

(c) 五、六、七、八月星图



(d) 八、九、十、十一月星图



(e) 十一月星图、紫微垣星图与卷尾电神图

图 3-5　敦煌星图甲本

图 3-6　吐鲁番星占星图

20 世纪初于新疆维吾尔自治区吐鲁番唐墓出土。已残，仅存 28 宿中的轸、角、亢、氐、房、心、尾七宿的星象图与神像图，以及黄道 12 宫中的双女宫、天秤宫的象征画与天蝎宫宫名。是将中国传统的 28 宿和西来的黄道 12 宫相融汇的、用于星占的示意式星图。现藏德国国家图书馆。

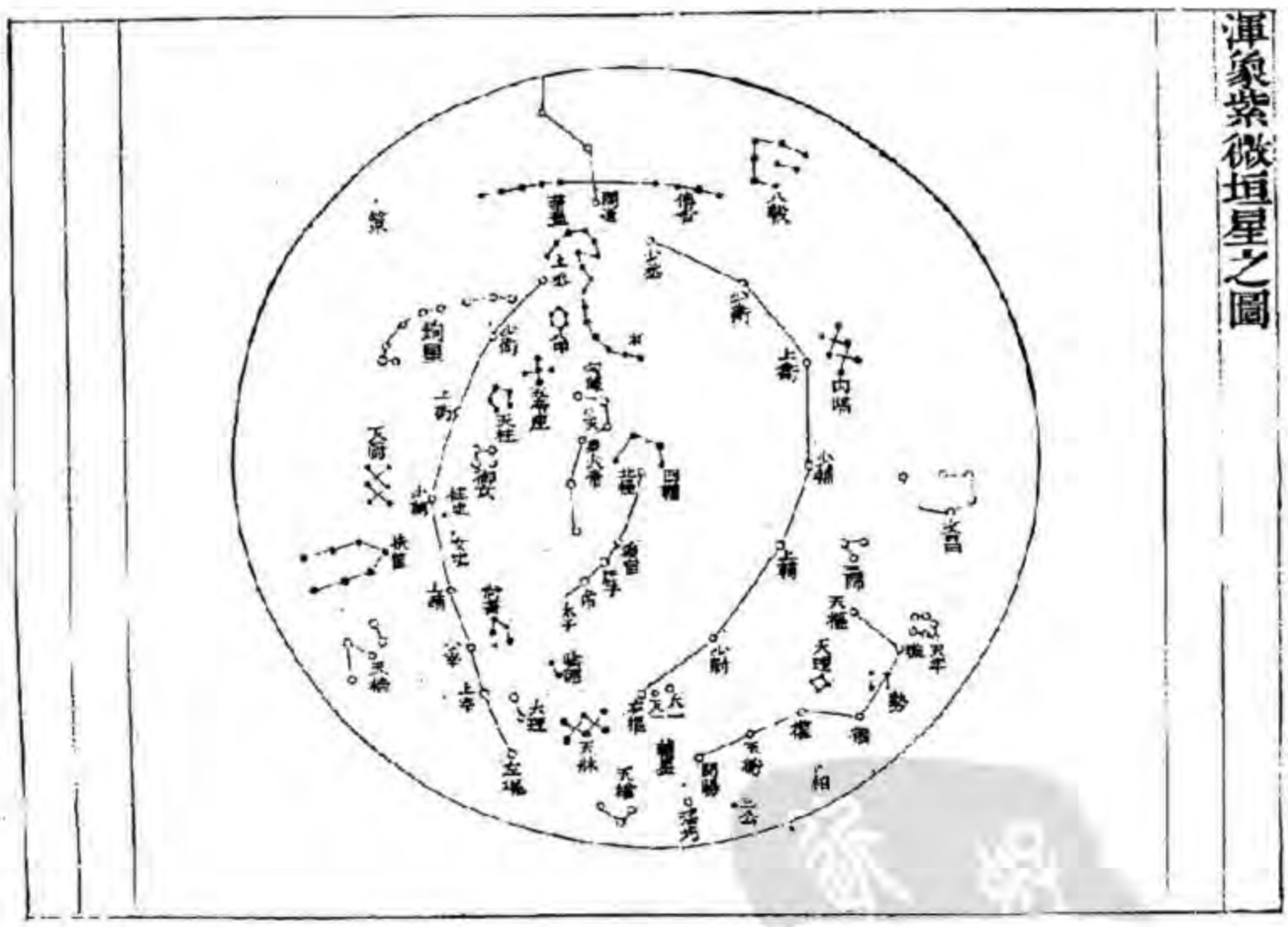
图 3-6　吐鲁番星占星图

图 3-7　苏颂星图

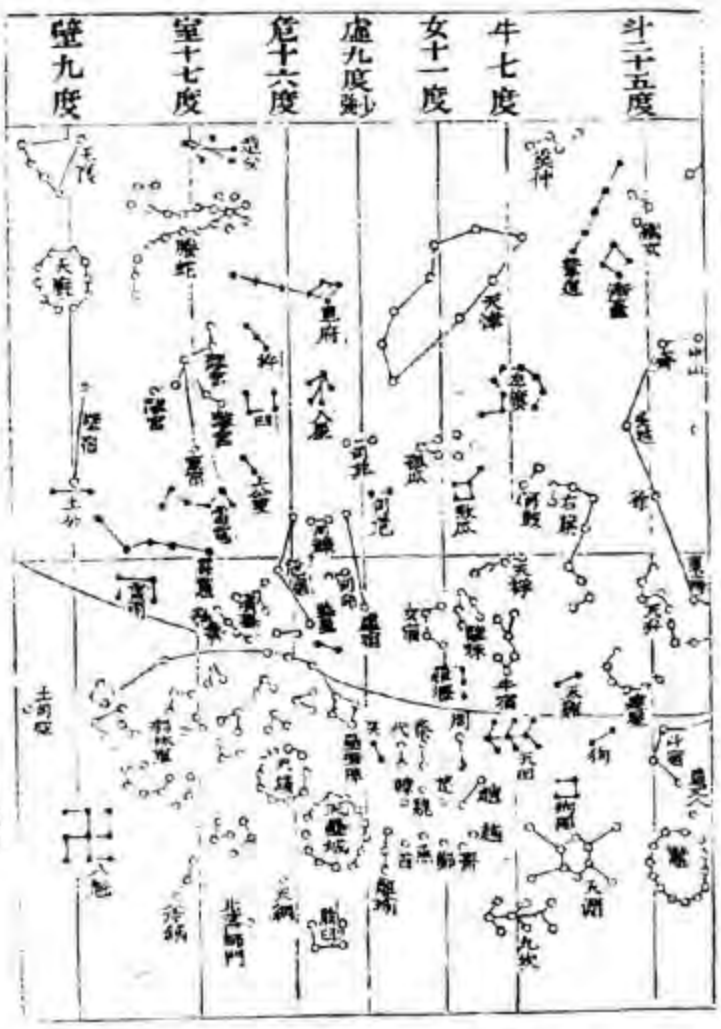
图 3-7（a）北宋苏颂圆图-横图式科学星图中的圆图，即“浑象紫微垣之图”。

图 3-7（b）苏颂圆图-横图式科学星图中的横图。上图为“浑象东北方中外星官图”，下图为“浑象西南方中外星官图”，两图彼此连贯。圆图为北极附近天区的星图，横图为赤道上下天区的星图，两者相合而成全天星图。上以恒显圈、下以恒隐圈为边界，共计绘有 283 星官、1464 星。全图约绘制于 1092 年，是依 1078～1085 年间实测的结果绘成的。全图载于《新仪象法要》中，采自《守山阁丛书》本。

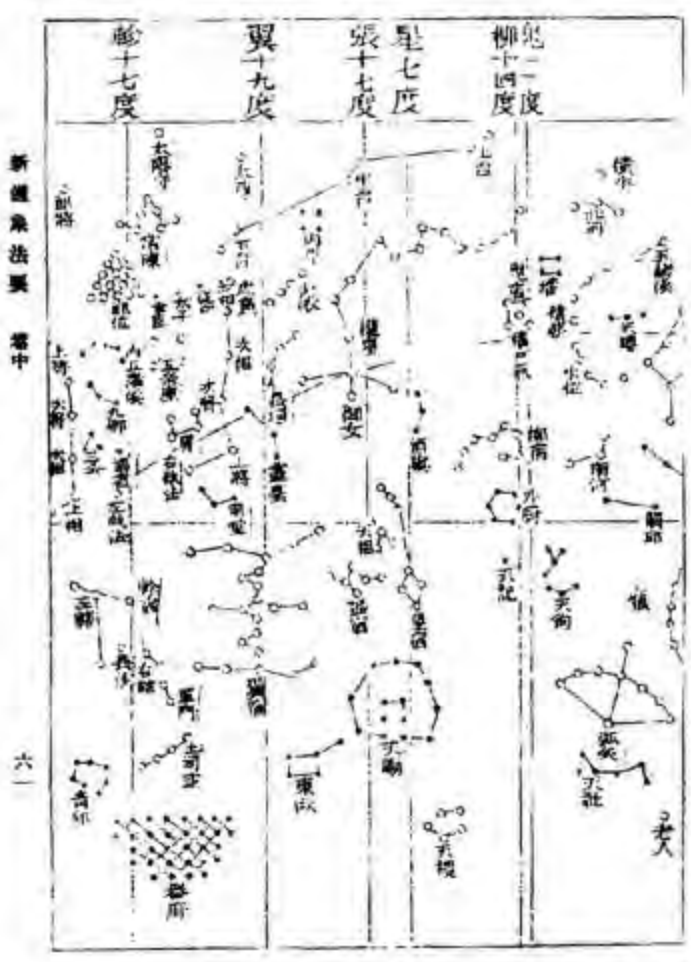
图 3-7（c）苏颂双圆图式科学星图。上图与下图分别以北极与南极为中心，皆以赤道为边界，两圆图合而为全天星图。该图的星官数、星数、绘成年代与依据的实测结果均同苏颂圆图-横图式科学星图。该图载于《新仪象法要》中，取自南京图书馆藏影抄《四库全书》本。



(a) 苏颂星图 (圆图)


新儀象法要　卷中
斗二十五度
牛七度
女十一度
虚九度弱
危十六度
室十七度
壁九度
五九

新儀象法要　卷中
渾象東北方中外官星圖　星名一百二十九　其數六百六十六
角十二度
亢九度
氐十六度
房六度
心六度
尾十九度
箕十一度
五八


新儀象法要　卷中
危二度
柳十四度
星七度
張十七度
翼十九度
軫十七度
六一

新儀象法要　卷中
渾象西南方中外官星圖　星名一百一十七　其數六百一十五
奎十六度
婁十二度
胃十五度
昴十一度
畢十七度
觜一度
參十度
井三十四度
六〇

(b)　赤道星图(横图)

(c) 苏颂星图(双圆图)

图 3.7 苏颂星图

图 3-8 苏州石刻天文图碑

碑高、宽分别为 2.16、1.08 米。上部为天文图，下部为有关天文知识的文字说明。由王致远在 1247 年据黄裳约制于 1190 年的原作刻石而成，黄裳之作则依据 1078～1085 年间的实测结果。天文图以北极为中心，画有恒显圈、天球赤道和恒隐圈三个同心圆，直径分别为 19.9、52.5、85.3 厘米。画有偏心的黄道圈、通过北极与二十八宿距星的辐射线以及银河轮廓线等，其内刻有 1431 颗星，为一圆图式科学星图。该图刻成后置于苏州文庙的戟门处，竖立至今。

图 3-8 苏州石刻天文图碑

图 3-9　辽墓彩绘星图

1974 年河北省张家口市宣化区辽墓（约 1116 年）出土，见于后室穹隆顶部中央。星图直径 2.17 米，中心嵌有铜镜，周围绘有九瓣莲花，其外一周为 28 宿与北斗七星的图像，在该图像和莲花之间绘有表示日、月、五星、罗睺、计都等九个圆点。再外一圈绘有黄道 12 宫的图像。是一中西合璧的写实性星图。

图 3-9　辽墓彩绘星图

图 3-10　北京隆福寺正觉殿藻井天文图

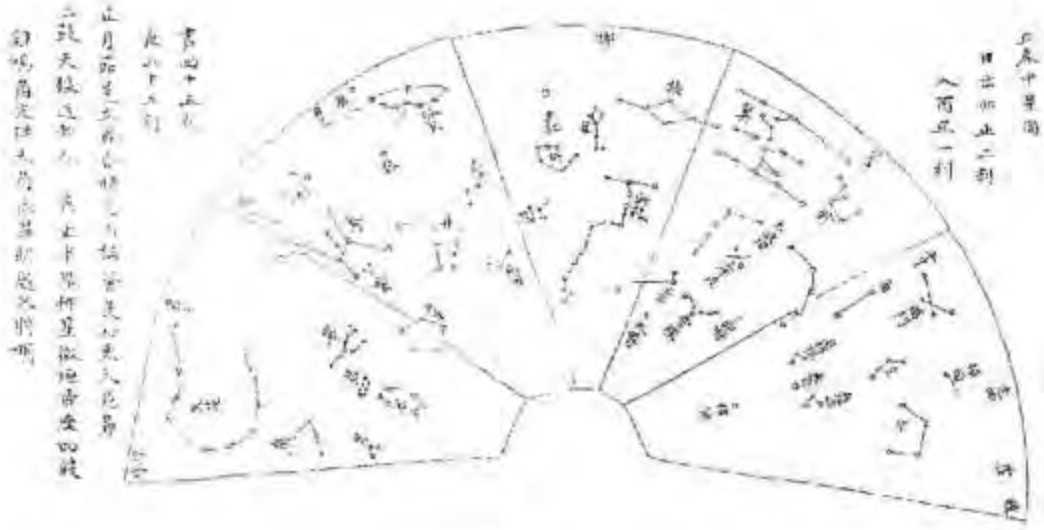
图 3-10　北京隆福寺正觉殿藻井天文图

1977 年发现于北京隆福寺正觉殿藻井顶部，天文图绘于边长为 75.5 厘米的正八角形天花板上。其以北极为中心，画有恒显圈、天球赤道与恒隐圈，直径分别为 31.6、95、161 厘米，还画有通过北极与 28 宿距星的辐射线，在此框架内，现存星数 1420 颗。是一圆图式科学星图，约制于 1453 年。现藏北京古观象台。募本由伊世同提供。

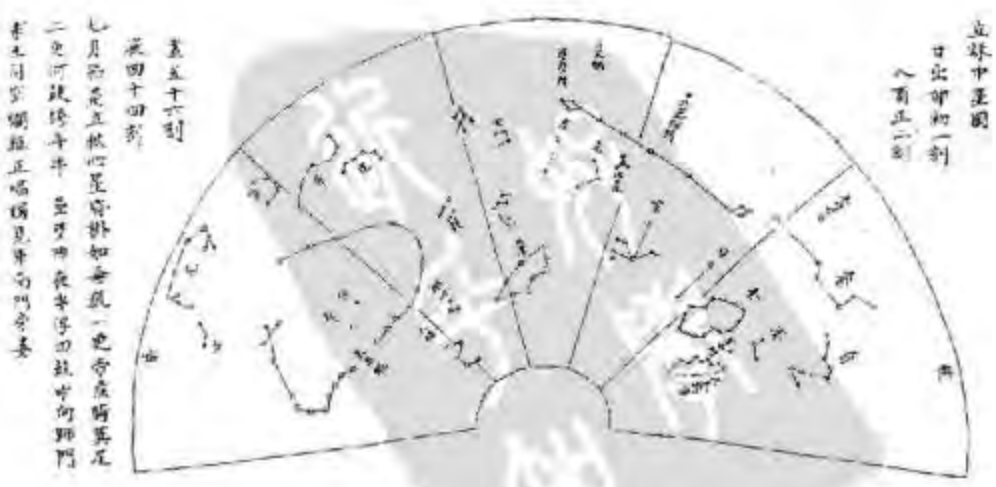
图 3-11　天文节候躔次全图

全图共有 25 幅，宣纸楷书，连折裱褙。每幅长、宽分别为 32、18 厘米。首幅为一全天圆图式星图，并书有“万历丁丑年（1577）写于叠嶂山房”字样［图 3-11（a）］。其余 24 幅为 24 节气中星图［其中，图 3-11（b）、（c）分别为立春、立秋中星图］。各图呈扇形，绘星官于其间，两旁书有该节气的日出入时刻、昼夜时刻及昏、晓、五更中星的歌诀，可用于认星和测量时间。现藏中国科学院自然科学史研究所。

(a) 全天圆图式星图



(b) 正月立春节中星图



(c) 七月立秋节中星图

图 3-11　天文节候躔次全图

图 3-12　赤道南北两总星图

1633 年由徐光启（1562～1633）主持编绘而成。赤道北星图［图 3-12（a)］和南星图［图 3-12（b)］分别以北赤极和南赤极为中心，皆以赤道为边界，圆面直径约 157.8 厘米，为双圆图式全天科学星图。内绘有通过北（南）赤极和 28 宿距星的辐射线，又绘有通过北（南）黄极的黄道 12 宫黄经弧线，还绘有黄道、恒显圈（或恒隐圈）、银河轮廓线与南、北赤纬的标尺线等，在此框架内绘星 1812 颗。在星图的四周另绘有诸多附图，介绍有关天文仪器与天文知识。现藏中国第一历史档案馆。

(a) 赤道北星图

(b) 赤道南星图

图 3-12　赤道南北两总星图

图 3-13　蒙文石刻天文图

图 3-13　蒙文石刻天文图

该图在内蒙古自治区呼和浩特市慈灯寺（俗称五塔寺）内，镌刻在 8 块长方形汉白玉拼成的平面上，文字均为蒙文。它以北极为中心，刻有恒显圈、夏至圈、赤道、冬至圈与恒隐圈五个同心圆，直径分别为 13、46.1、71.4、95.5 与 127.6 厘米。还有一个用双线刻成的扁圆圈，表示黄道，以及通过北极与 28 宿距星的辐射线。其内刻有 270 多星官、约 1550 颗星。为一圆图式科学星图，其底图绘于 1761 年左右，出自钦天监，刻石年代在其后不久。

图 3-14　傣文石刻天文图

该图在云南省西双版纳傣族自治州景宏县大孟笼乡。已残，长、宽分别约 100、45 厘米，为傣历 1162 年 6 月 1 日（公元 1801 年 3 月 16 日）重建佛寺时所立的石碑。碑首上刻有日、月、五星、罗睺、格德九曜所在位置图 4 幅，其中间一幅保存最为完整，表明傣族人民已掌握了较准确地计算九曜位置的方法。

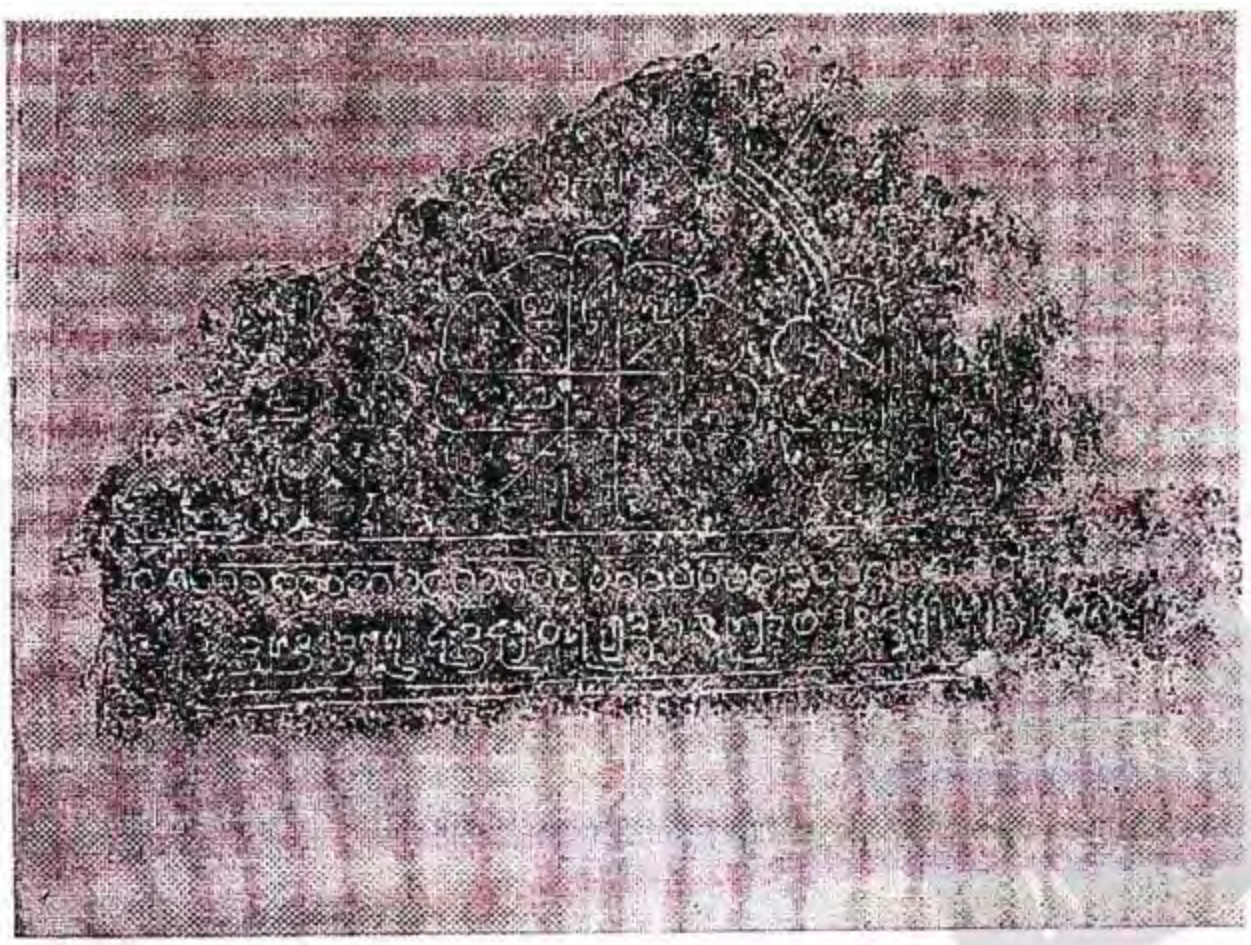
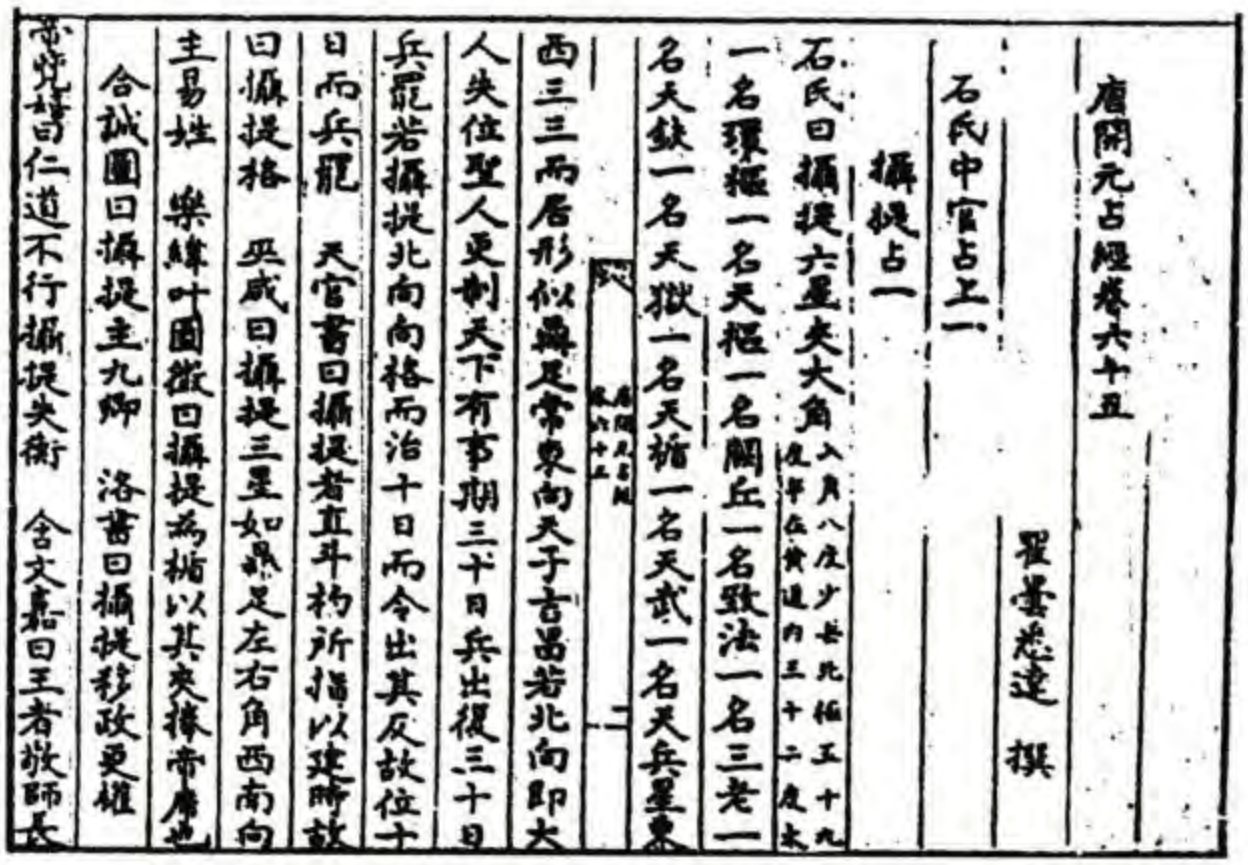


图 3-14　傣文石刻天文图

图 3-15 《石氏星经》书影

在唐代《开元占经》（巾箱本）中，载有 120 个星官距星的入宿度、去极度和黄道内外度等坐标值的星表，后世称之为《石氏星经》。其测定年代为西汉中期（公元前 78 年左右）。它们应是肇始于战国（约公元前 3、4 世纪）石申夫的石氏学派的工作成果，是世界上最古老的星表之一。本图载摄提星官距星（牧夫座 η）的坐标值。


唐開元占經卷六十五

翟曇悉達 撰

石氏中官占上一

攝提占一

石氏曰攝提六星夾大角 入角八度少半北極五十九度半在黃道內三十二度半

一名槐一名天柏一名闕丘一名致法一名三老一

名天鉞一名天獄一名天稽一名天武一名天兵星東

西三而居形似鳥足常東向天子吉凶若北向即大

人失位聖人更制天下有事期三十日兵出復三十日

兵罷若攝提北向向格而治十日而令出其反故位十

日而兵罷 天官書曰攝提者直斗杓所指以建時故

曰攝提格 巫咸曰攝提三星如鳥足左右角西南向

主易姓 樂緯叶圖徵曰攝提為指以其夾擁帝庭也

合誠圖曰攝提主九卿 洛書曰攝提移政更權

帝堯皆仁道不行攝提失衡 含文嘉曰王者敬師長

图 3-15 《石氏星经》书影

图 3-16 元代星图式星表

在中国国家图书馆所藏明抄本《天文汇钞》内的《三垣列舍入宿去极集》中，载有 267 个星官、1375 颗星的彼此独立的图像，其中有 739 颗星标有赤道入宿度与去极度的数据，很可能是为元代郭守敬实测结果的遗存，为当时世界上最优秀的星表之一。图为北斗八星图表。

图 3-16 元代星图式星表

图 3-17 甲骨天文记事

图 3-17（a）甲骨干支表。

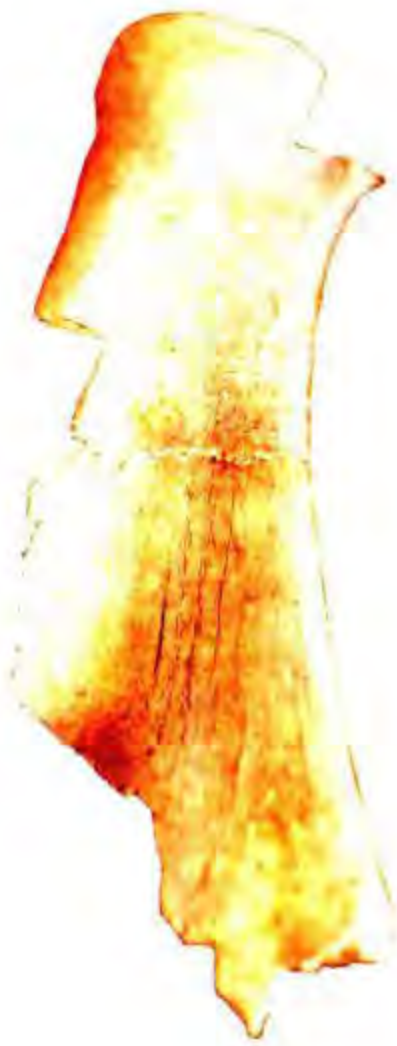
殷商末期（约公元前 11 世纪）刻于长、宽分别为 22.5、6.8 厘米牛胛骨上的，最早、最完整的 60 干支表。系以甲、乙、丙等 10 天干，和子、丑、寅等 12 地支依次两相搭配，组成甲子、乙丑、丙寅等 60 干支，循环应用以纪日。传为河南省安阳市出土，现藏中国国家博物馆。

图 3-17（b）甲骨月食记录。

1973 年河南省安阳市小屯南地出土。刻于长 24.5 厘米，上宽、下宽分别为 19.5、5 厘米的牛骨上，有“壬寅贞月又𢦏”等字样，说某年某月的壬寅日发生了月食，其年代约当武乙时期（约公元前 12 世纪）。现藏中国社会科学院考古研究所。

图 3-17（c）甲骨日食记录。

牛骨长、宽分别为 17、2.6 厘米，上刻有“癸酉贞日夕又食”字样，说某年某月癸酉日发生了日食，其年代约当武乙时期（约公元前 12 世纪）。传为河南省安阳市出土，现藏中国国家博物馆。



(a) 甲骨干支表

(b) 甲骨月食记录

(c) 甲骨日食记录

图 3-17 甲骨天文记事

图 3-18 帛书彗星图

1973 年湖南省长沙市马王堆汉墓（公元前 168 年）出土。在长、宽分别为 150、48 厘米的帛书《天文气象杂占》中，含有 29 幅彗星图和相应的名称与占辞。彗星皆由彗头与彗尾组成。彗头被画成一个圆卷或圆点，有的圆圈中心又有一个小圆圈或圆点，表明人们已注意到彗头又可分为彗发与彗核。彗尾的形态与条数亦各异。这些反映当时人们对彗星的观测已相当精细。现藏湖南省博物馆。

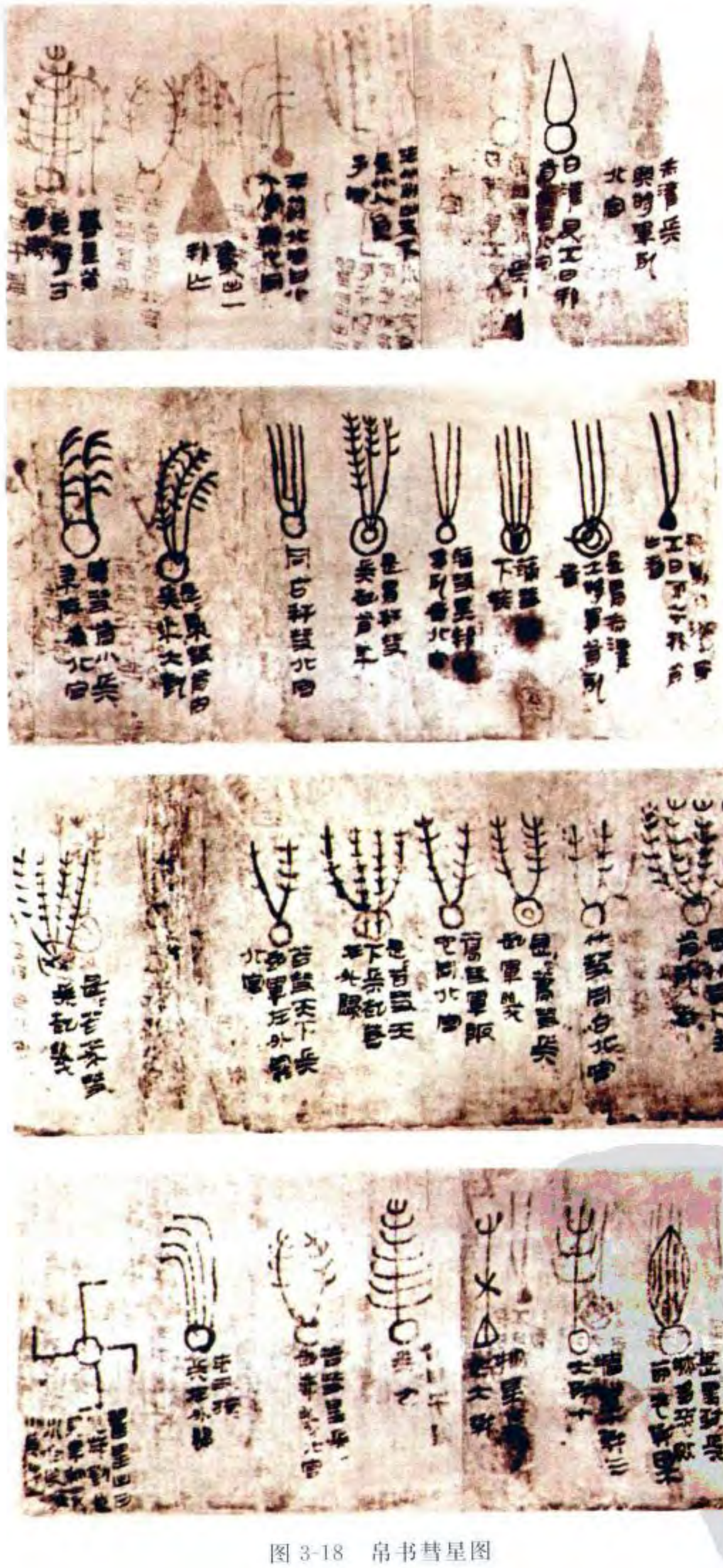
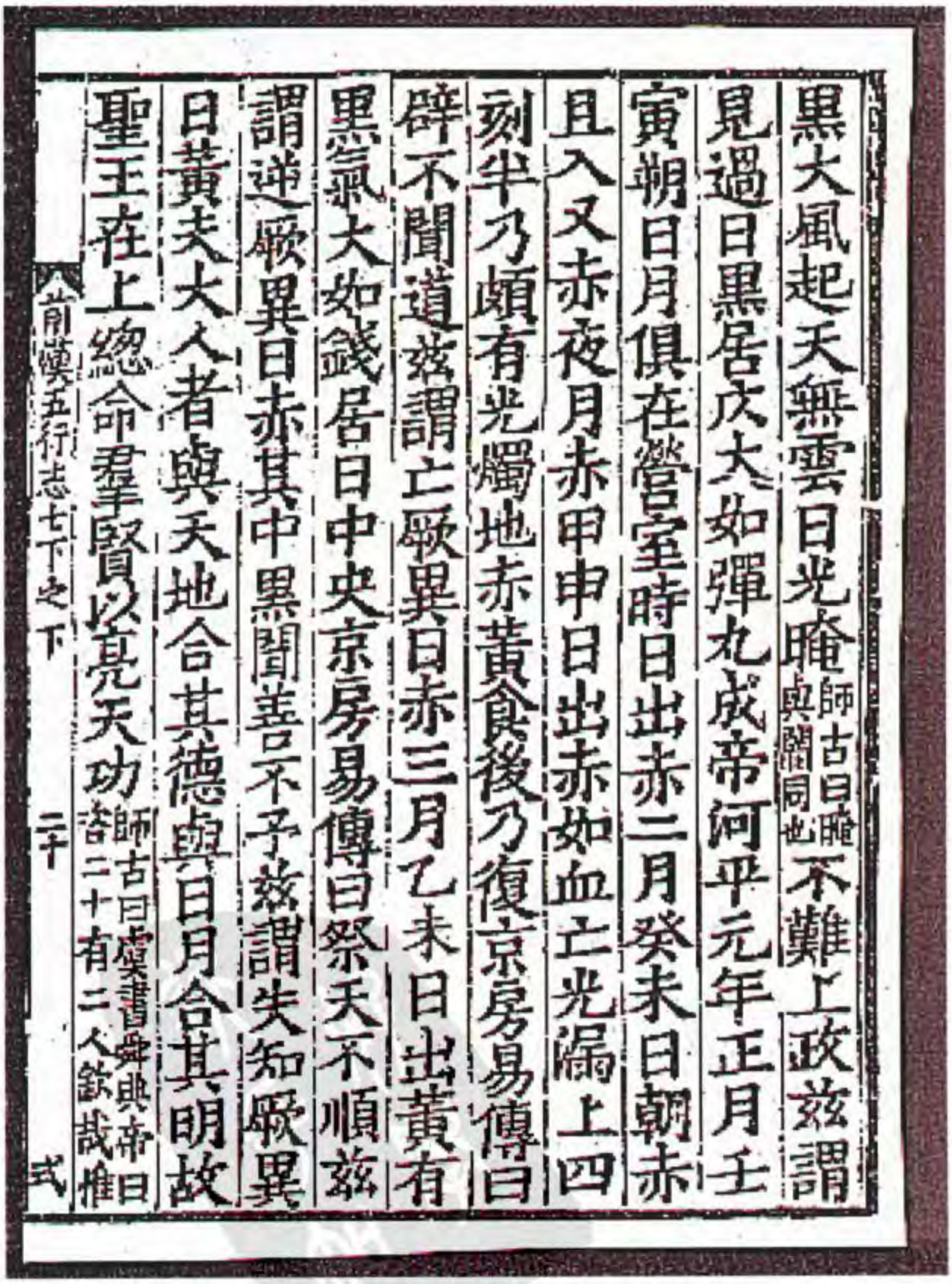


图 3-18　帛书彗星图

图 3-19　太阳黑子记录

在汉代班固《汉书·五行志》（百纳本）中有汉成帝河平元年（公元前 28 年）“三月乙未，日出黄，有黑气大如钱，居日中央”的记载，是最早有明确年月日时间出现太阳黑子的观测记录，且对其形态与在日面的位置等都做了明确的描述。查当年三月无“乙未”，可能“三月”当为“二月”，也可能“乙未”当为“己未”。


黑大風起天無雲日光晻師古曰晻與闇同也不難上政茲謂
見過日黑居亢大如彈丸成帝河平元年正月壬
寅朔日月俱在營室時日出赤二月癸未日朝赤
且入又赤夜月赤甲申日出赤如血亡光煇上四
刻半乃頗有光燭地赤黃食後乃復京房易傳曰
辟不聞道茲謂亡厥異日赤三月乙未日出黃有
黑氣大如錢居日中央京房易傳曰祭天不順茲
謂逆厥異日赤其中黑闇善不予茲謂失知厥異
日黃夫人者與天地合其德與日月合其明故
聖王在上總命羣賢以亮天功師古曰虞書舜典帝曰
洛二十有二人欽哉惟

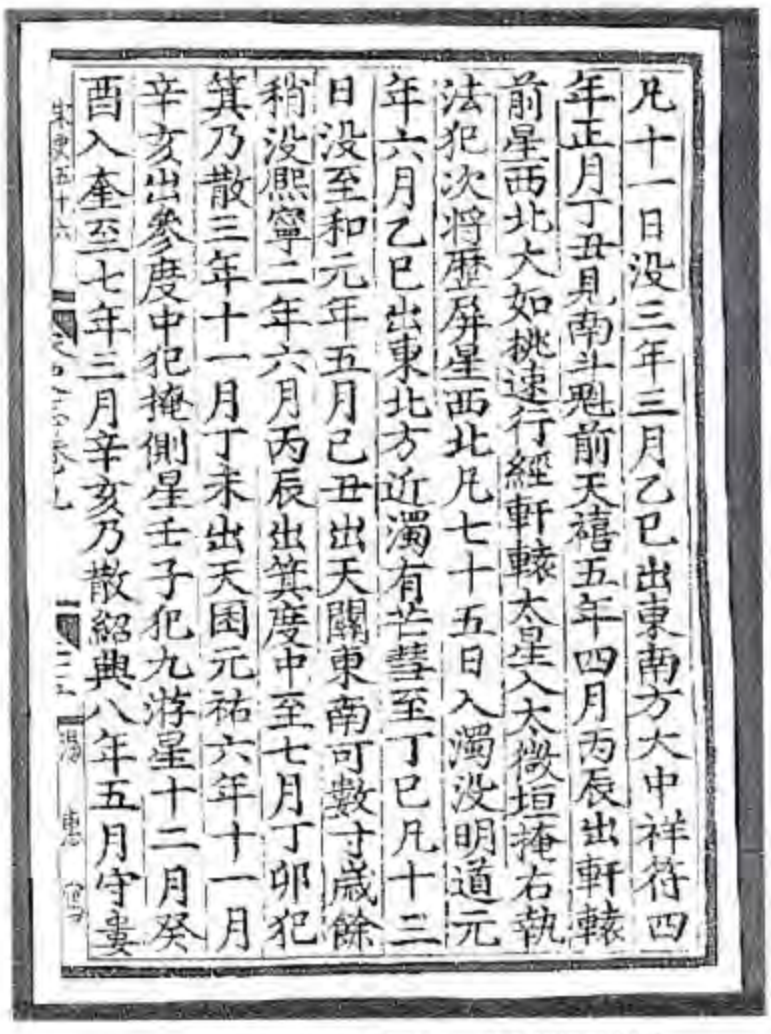
前漢五行志七下之下　二十　弐

图 3-19　《汉书·五行志》中的太阳黑子记录

图 3-20　1054 年超新星记录

在《宋史》（百纳本）“天文志九”［图 3-20（a）］和“仁宗本纪四”［图 3-20（b）］中，载有宋仁宗至和元年五月己丑（1054 年 7 月 4 日），在天关星（金牛座 ζ）附近出现了一颗原先没有的“客星”，一直到嘉祐元年三月辛未（1056 年 4 月 6 日）才没而不见。当今天文学界已广泛承认这是爆发于 1054 年的超新星的记录，而今所见的蟹状星云则为其遗迹。

(a)《宋史·天文志》中的超新星记录



(b)《宋史·仁宗本纪》中的超新星记录

图 3-20　1054 年超新星记录

图 3-21　唐僖宗乾符四年历书

敦煌卷子雕印本，原件藏伦敦英国图书馆。卷首残，上部存乾符四年（877）二月十日至十二月三十日的历日，标明大小月、月建干支、月九宫图、蜜日注、日期、节气及简单的吉凶论。下部为各种迷信历注的推算法。该历书图文并茂，是敦煌文献中所见内容最为复杂的一份历书，又是中国现存最早的雕印本历书之一。

图 3-22　汉魏天文台遗址

1974 年在河南省洛阳市南郊发现的汉魏时期的灵台遗址。其范围约为 44000 平方米（220 米×200 米）。中心建筑为一由夯土筑成的方形高台，地面上台基约 50 米见方，残高 8 米余（原高可能约为 14 米）。台的四周有上下两层平台，由坡道和回廊连通，第二层平台的四面各有 5 间建筑物。高台的中心台顶已遭破坏，其形制已无从考察。

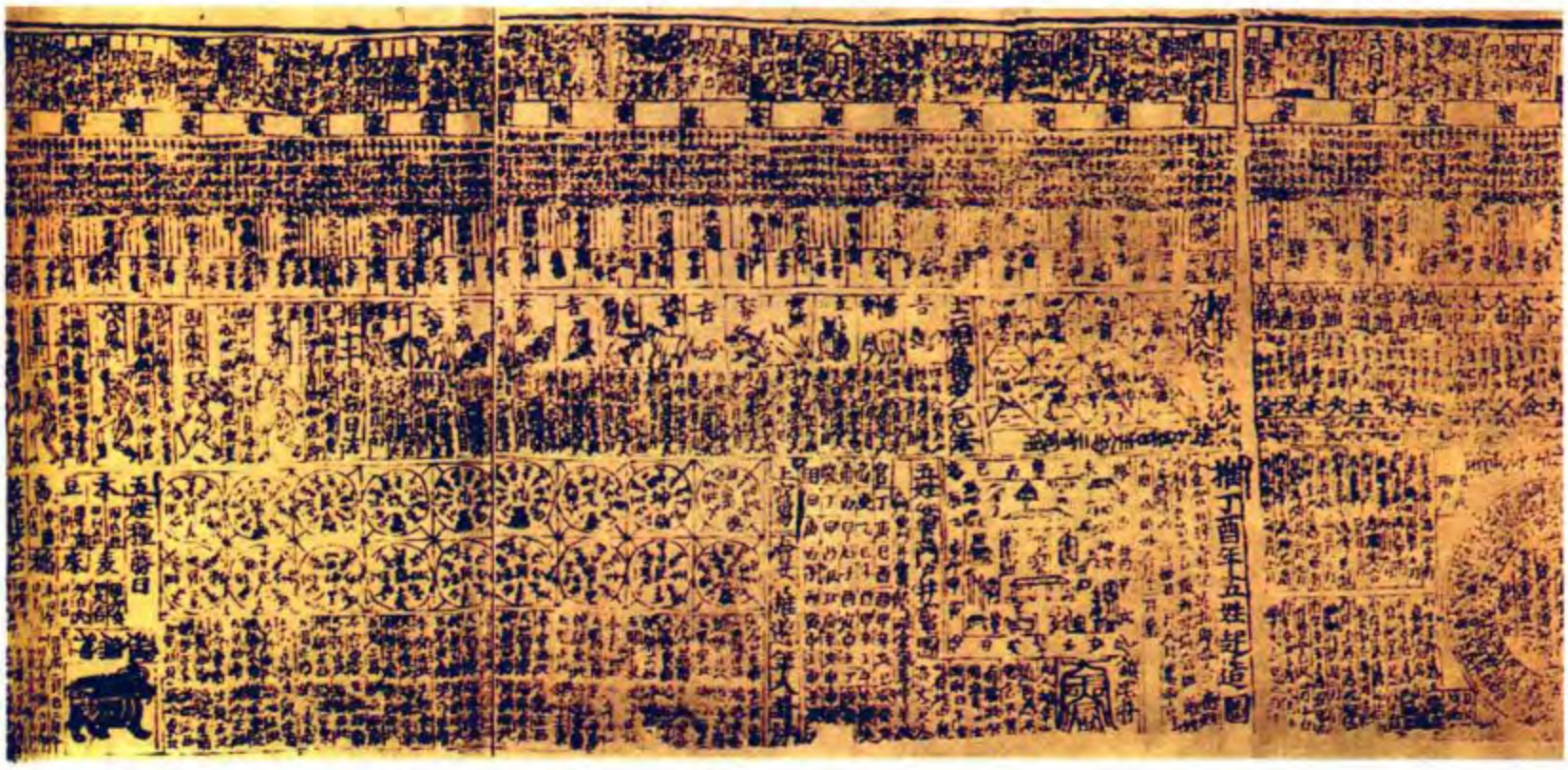


图 3-21　唐僖宗乾符四年历书

图 3-22　汉魏天文台遗址

图 3-23　河南登封观星台

位于河南省登封县告成镇。至迟在唐初（7 世纪中叶）便已有在此进行晷影测量的明确记载。图所示为元代郭守敬在此建立的城墙式 4 丈高表。台通高 12.62 米，台顶平面约 8 米见方，底面约 16 米见方。台面正中的凹槽顶端置一横梁，横梁中轴与圭面的垂直距离为 4 丈（约 9.8 米），圭面以方石铺成，向北水平延伸，长 12.8 丈（约 31.19 米）。用于测量晷影长度，月、星的高度角等。

图 3-23　河南登封观星台

图 3-24　西汉漏壶

图 3-24（a）西汉满城漏壶。1968 年河北省满城西汉中山靖王刘胜墓出土。通高、深、口径分别是 22.5 厘米、15.6 厘米、8.6 厘米。铜质，圆筒形，三蹄足，近底部有一管状流口，前端已残断。平盖，盖上作方形提梁，提梁中段与平盖上开有相对应的长方孔，应为容漏箭下沉之用。现藏河北省博物馆。

图 3-24（b）西汉巨野漏壶。1977 年山东省巨野县西汉墓出土。铜质，圆筒形，平底无足，无盖，亦无提梁。通高 79.3 厘米，口径 47 厘米。壶身上饰有两个对称的铜环耳。近底部出一 4.8 厘米长的流管，流管端面有一小孔，大约是尚未穿透的流孔，是一具尚未加工完成的刻漏的供水壶。现藏山东省巨野县文化局。

图 3-24（c）西汉中阳漏壶。1976 年内蒙古自治区伊克昭盟杭锦旗西汉墓出土。通高、深、口径分别为 47.9 厘米、24.2 厘米、18.7 厘米。铜质，圆筒形，三蹄足，盖上有双层提梁，盖和双层提梁的中央有相对应的三个长方孔，用以安置下沉的漏箭。近底处下斜出一约 8 厘米长的流管。上层提梁上阴刻有“中阳铜漏”四字，壶身上阴刻“千章铜漏一，重卅二斤，河平二年（公元前 27 年）四月造”字样。现藏内蒙古自治区伊克昭盟文物站。

图 3-24（d）西汉兴平漏壶。1958 年陕西省兴平县西汉墓出土。通高、深、口径分别为 32.1 厘米、23.6 厘米、10.6 厘米。铜质，圆筒形，三蹄足，平盖，中有一长方孔，盖上有方形提梁，提梁中段亦开有长方孔与盖孔相对，用以安置下沉的漏箭。底部出一长 3.8 厘米的流管，与壶壁垂直。现藏陕西省茂陵博物馆。

(a) 西汉满城漏壶

(b) 西汉巨野漏壶

(c) 西汉中阳漏壶

(d) 西汉兴平漏壶

图 3-24　西汉漏壶

图 3-25　唐代吕才漏刻

吕才四级补偿式浮箭漏壶，上有四具高低差置的漏壶，各壶间均以渴乌（虹吸管）导流。万分壶的水不断流入水海（即箭壶），水位渐降，平壶之水亦不断流入万分壶，补偿其流失的水，可令万分壶的水位基本保持稳定。夜天壶之于日天壶，日天壶之于平壶，也起着相同的作用。尽量保持万分壶水位稳定，即可达到其流量稳定、水海中的浮箭均匀上升、准确计时的目的。

图 3-25　唐代吕才漏刻

图 3-26　宋代燕肃莲花漏

为漫流式浮箭漏壶，燕肃制成于 1030 年。上匮与下匮皆以渴乌导流，下匮的水不断流入“壶”（即箭壶）中，上匮的水不断流入下匮，在下匮的上部开一小孔（图中未画出），令多余的水由之经竹注筒导入减水盎中，使下匮的水处于漫溢状态，从而保持下匮水位稳定，达到其水流量稳定、浮箭均匀上升、准确计时的目的。

图 3-25、图 3-26 均取自《古今图书集成·历法典》，原图载宋代《六经图》。

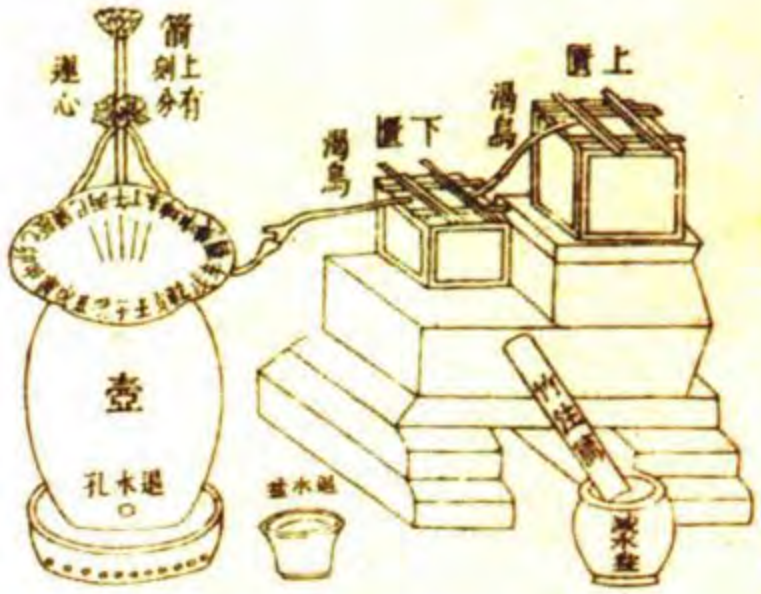


图 3-26　宋代燕肃莲花漏

图 3-27　元代延祐漏壺

为三级补偿式浮箭漏壺，铜质，各壺由底部流管导流。上为日壺，高、上内缘口径、底径分别为 75.5、68.2、60 厘米。中为月壺，高、上内缘口径、底径分别为 58.5、54.5、53 厘米。下为星壺，高、上内缘口径、底径分别为 55.4、44、39 厘米。再下为箭壺，高、上内缘口径、底径分别为 75、32、31 厘米。其原理同吕才刻漏。在日壺外侧有元延祐三年（1316）刻铭等。原置广州拱北楼上，现藏中国国家博物馆。

图 3-27　元代延祐漏壺

图 3-28　北京故宫交泰殿漏壶

补偿式兼漫流式浮箭漏壶。铜质，各壶由底部流管导流。上为日天壶，高、上长宽、下长宽分别为 54.4 厘米、60.8 厘米、41.6 厘米。中为夜天壶，下为平水壶，长宽高较日天壶依次递减 3.2 厘米。再下为箭壶，圆筒形，高 35.1 厘米、口径 33.4 厘米。在平水壶上部开一小孔，可见，夜天壶与平水壶的功能、原理和燕肃莲花漏相同。其不同之处是在夜天壶上增一补偿壶，即日天壶。整个漏壶外饰以亭阁式木构建筑，更显华丽尊贵。制成于 1798 年。

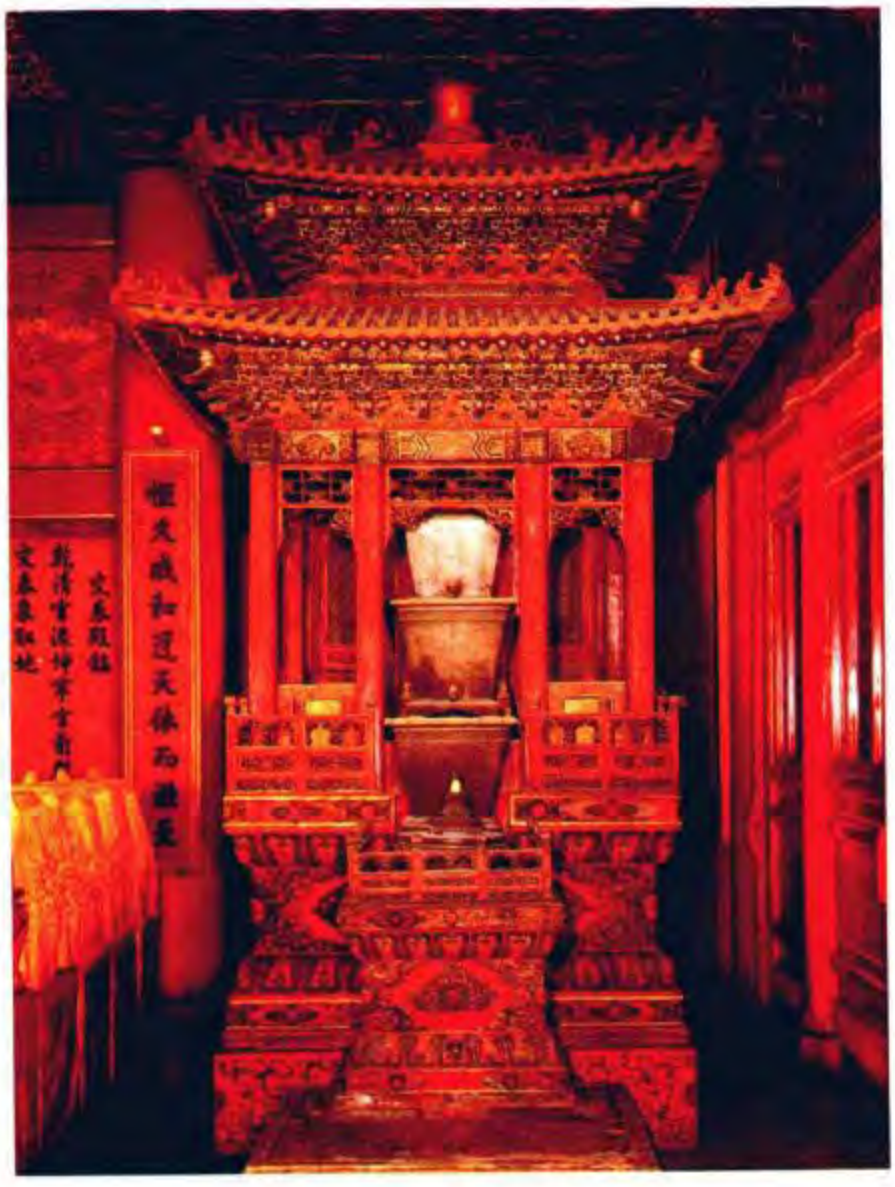


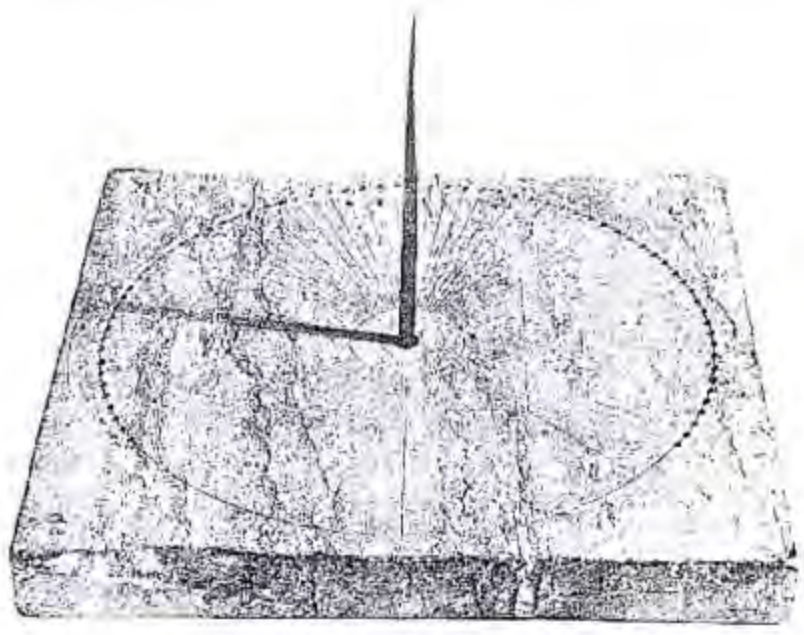
图 3-28　北京故宫交泰殿漏壶

图 3-29　晷仪

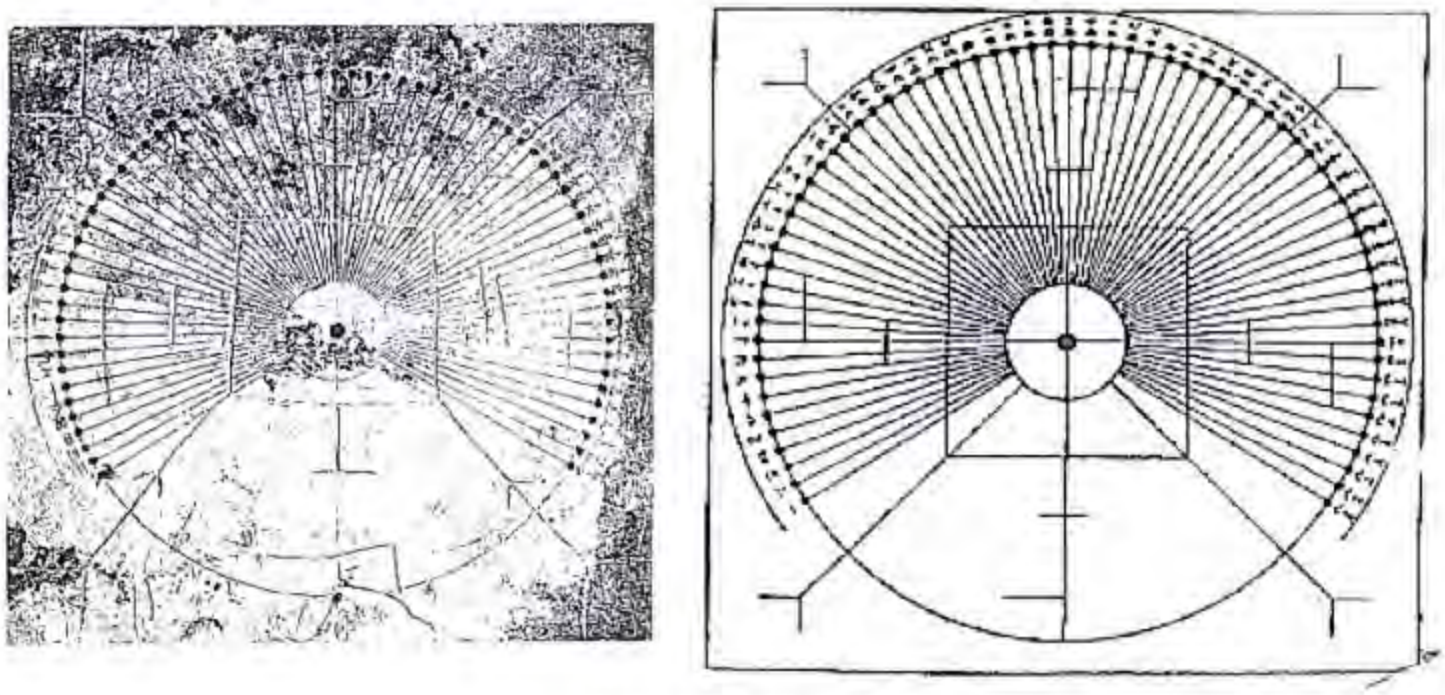
图 3-29（a）洛阳金村晷仪。1932 年河南省洛阳市金村古墓出土。石质，长、宽、厚分别为 28.4 厘米、27.5 厘米、3 厘米。中央有一圆孔，显然为安插立表之用。晷面刻有两个圆圈，两者之间刻有 69 条辐射线，辐射线端均有小孔，孔间距离相等，外书一至六十九的数字。据研究，当为秦末汉初之物，可用于测定方向和时间。现藏加拿大安大略皇家博物馆。

图 3-29（b）内蒙古托克托晷仪及其线图。1897 年内蒙古自治区呼和浩特市托克托出土。石质，正方形边长 27.6 厘米、厚 3.5 厘米。晷面刻饰除和洛阳晷仪相同外，还有表示四维（东北、东南、西北、西南）的“Y”形线和正方形，表示四方（东、西、南、北）的

"T"形线，以及8条短线条。该晷仪的年代与用途亦和洛阳晷仪相同。现藏中国国家博物馆。



(a) 洛阳金村晷仪



(b) 内蒙古托克托晷仪及其线图

图 3-29　晷仪

图 3-30　西安清真大寺地平式日晷

晷面以62厘米见方、厚9厘米的青石板制成，置于由石、砖叠成的底座上，距地面约1.15米，其背面正中有轴，可绕轴平转。晷面一边沿中央，凿有小槽，为竖立表尺之处。距槽内边缘正中15.5～38厘米间的中线上，凿有13个圆孔，可用于测定24节气和正午时刻。在中线两侧各相距约5厘米处，各凿有16个圆孔，其两端距槽内边缘分别为25.5厘米、51.5厘米，可用于测定时刻。大约为明代的遗物，现藏西安市化觉巷清真大寺内。

图 3-30　西安清真大寺地平式日晷

图 3-31　北京故宫太和殿前赤道式日晷

晷面为圆形，沿赤道面斜倚于汉白玉基座上。日晷的上下两面各刻有 12 时辰、百刻等分划，中心竖一根与晷面垂直的、两面通透的铁针。春分至秋分，可在日晷正面依针影所指刻度，测定地方真太阳时。秋分至春分，则在日晷背面依上法读数。为更稳定地读数，在铁针上还套有可旋转的标志尺备用。大约制成于清代乾隆年间，现立于故宫太和殿前。

图 3-31　北京故宫太和殿前赤道式日晷

图 3-32　周公测景台

相传西周初年周公曾在阳城立表测日影，723 年南宫说在此刻立纪念性石表。石表高、宽、厚分别为 164 厘米、45 厘米、21 厘米，正面刻有“周公测景台”字样，其上石帽高 34 厘米。立于高 198 厘米，面长、宽分别为 89、88 厘米，底长、宽分别为 180（190）厘米、170 厘米的石座之上。反映了表高 8 尺、夏至时日影长 1.5 尺的传统数据。现在河南登封观星台内。

图 3-32　周公测景台

图 3-33　东汉铜圭表

1965 年江苏省仪征县东汉墓出土。圭长、宽、厚分别为 34.5 厘米、2.8 厘米、1.4 厘米，其上凿有 14 个距线，代表 15 寸，每寸内刻 10 分。其正背面各有一长方形匣槽，正面的匣长、宽、深分别为 20.8 厘米、2.2 厘米、1.1 厘米。表置于匣内，可开合。表长、宽、厚分别为 20.3 厘米、2.15 厘米、1.2 厘米，距表顶 3 厘米处有一直径为 0.5 厘米的小圆孔。表立起后，自圭面至表顶高 19 厘米。它是较传统的表高 8 尺、圭长 13 尺的圭表缩小了 10

图 3-33　东汉铜圭表

倍的袖珍型圭表，为现存年代最早的圭表，现藏南京博物院。

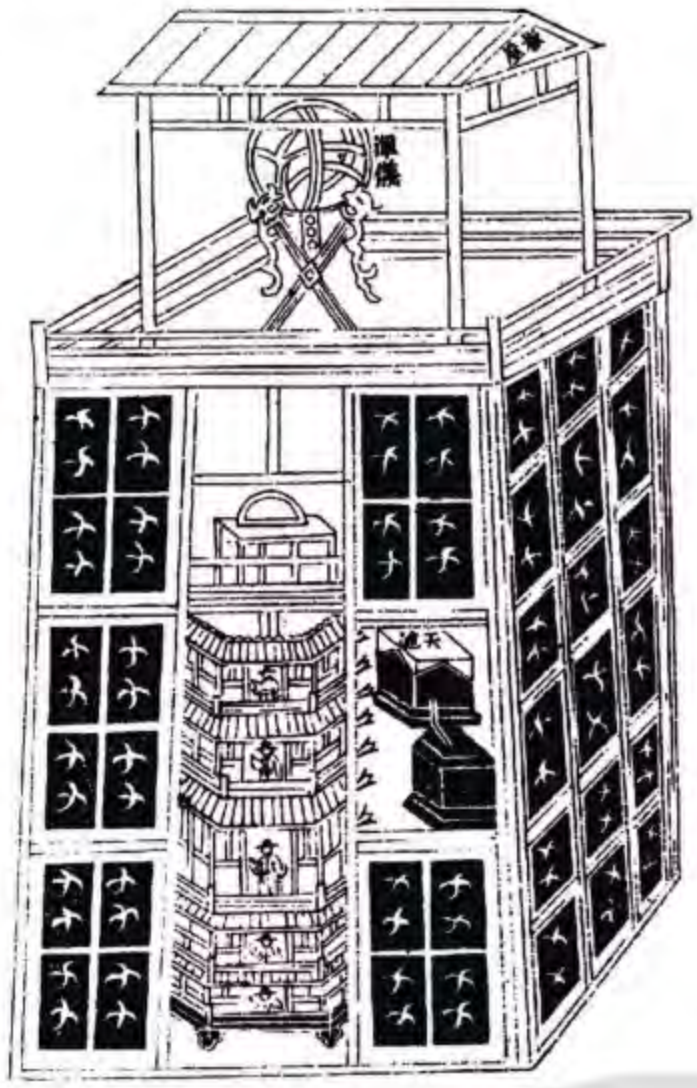
图 3-34　北京观象台圭表

圭表的石座长、宽分别为 5.176 米、0.882 米，为 1442 年依元代圭表仿制者。石座上平卧铜圭，长、宽分别为 3.973、0.662 米，其周围设有水渠，铜圭南端当立有 8 尺（1.962 米）铜表，可用景符在圭面上测影。1744 年，铜表改为 1 丈，原铜圭的长度显然不及测冬至前后的影长，故做长 3.5 尺的立表（立置于铜圭北端），到时平卧使用。石座现藏北京古观象台，铜圭、铜表及立表现藏南京紫金山天文台。

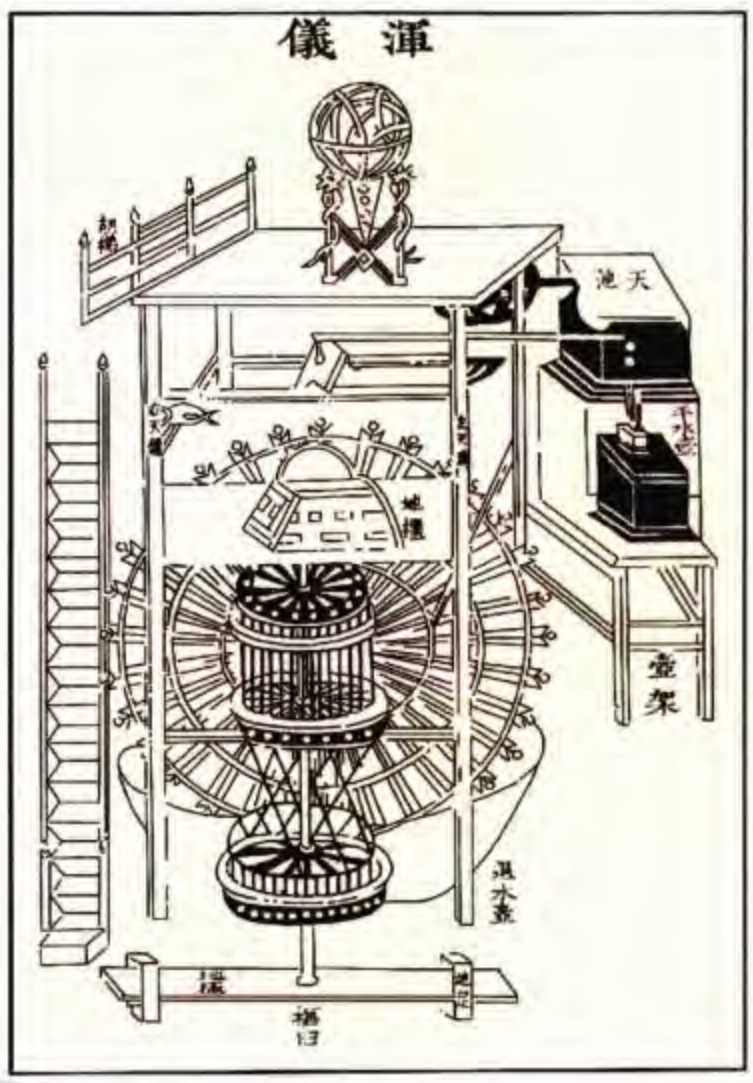
图 3-34　北京观象台圭表

图 3-35　水运仪象台

苏颂、韩公廉制成于 1092 年，是一座大型的综合性天文仪器。两图均采自《新仪象法要》（《守山阁丛书》本）。图 3-35（a）为外观总图。台高约 12 米、宽约 7 米。台分三隔：上隔置浑仪、圭表与活动面板；中隔置浑象；下隔置报时装置，分为 5 层，各以摇铃、打钟、敲鼓、击钲和出现木人等声像形式，报告时、刻、更、筹的推移。图 3-35（b）主要是内部动力机构总图，系以漏壶的流水为原动力，驱动外沿有 36 个水斗的驱轮，在含有擒纵器作用的杠杆装置的控制下，做等间歇的匀速转动，进而传动浑仪、浑象、报时装置均做与天同步的运转。



(a) 外观总图



(b) 内部动力机构总图

图 3-35　水运仪象台

图 3-36　明仿制浑仪

明正统七年（1442）仿前代浑仪制成。由三组环圈组成：外组称六合仪，包括固定的、彼此交结的地平环、子午双环（直径均为 1.78 米）与赤道环（直径 1.66 米）；中组称三辰仪，包括游旋赤道环、二分环、二至双环与黄道双环（直径均约为 1.53 米），它们结为一体，置极轴于子午环上，可在六合仪内东西转动；内组称四游仪，为一可绕极轴在三辰仪内东西转动的双环（直径 1.43 米），其中又夹有可在双环中转动的方形窥管，以之照准天体，可测量得赤道入宿度、去极度、黄道宿度与内外度等值。其支承部分有一根直立于中间的鳌云柱（高 1.87 米）和 4 根飞龙柱等，现藏南京紫金山天文台。

图 3-36　明仿制浑仪

图 3-37　明仿制简仪

1442 年依元代郭守敬简仪仿制。由两个独立的装置组合而成：赤道坐标装置由赤经双环、赤道环（直径均为 1.47 米）和与之重叠安装的百刻环（直径 1.57 米）组成，两者间置有滚筒轴承，令赤道可灵活转动；地平坐标装置由子午双环和地平环（直径均为 1.18 米）组成。在两双环上皆附有照准装置，皆取线照准法。它们可分别用于测量天体的赤道入宿度、去极度、地方真太阳时，以及地平方位角和高度角。在赤经双环的顶端还有一同赤道环平行的上规环（直径 0.64 米）和附于其上的定极环（直径 0.17 米），用于校正极轴指向天北极。这些环圈分别由龙形支柱等支承，其底梁架长、宽分别为 4.40 米、2.98 米。现藏南京紫金山天文台。

图 3-37　明仿制简仪

图 3-38　明清北京观象台

明正统七年（1442）在北京东城齐化门南，依城墙筑成观象台及周边附属建筑，设置仿制的浑仪、简仪等天文仪器，成为皇家天文台，清代亦承用之，即今北京建国门内古观象台。本图为清代康熙十二年（1673）将传教士南怀仁监制的 6 件新天文仪器安置于台上后的情景。自右下起顺时针方向依次为赤道经纬仪、天球仪、黄道经纬仪、地平经纬仪、象限仪和纪限仪。图取自南怀仁《灵台仪象志》。

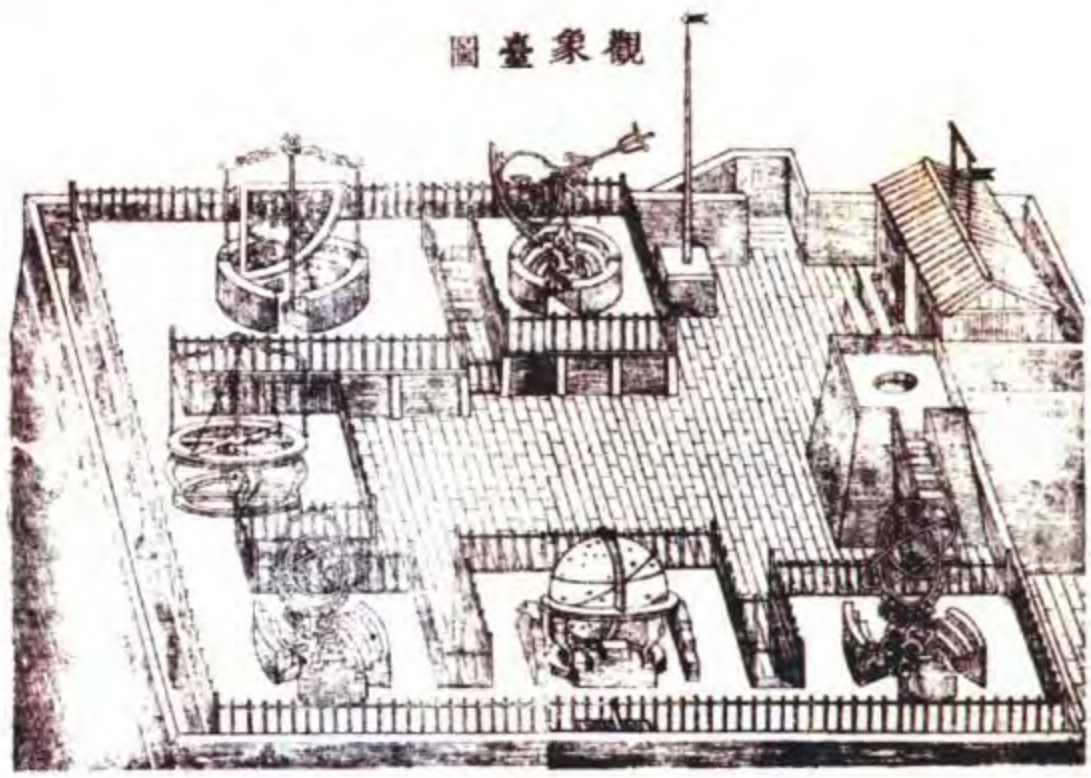


图 3-38　明清北京观象台

图 3-39　赤道经纬仪

清康熙十二年（1673）制。通高 3.2 米。最外为子午环（直径 1.956 米），赤道环（直径 1.908 米）斜嵌于子午环上，通过南极轴又与赤道环相垂直的两个象限弧，用以加固赤道环。其内为赤经环（直径 1.777 米），贯于南北极的两轴，可在赤道环内东西旋转。赤经环内安有通过南北极的通轴，中设有横表。在赤道等环上均附有游表与刻度，用于照准天体与读数。子午环等均以半圆云座及其下的龙形架等拱托。主要用于测量天体的赤经、赤纬及地方真太阳时。图采自北京天文馆摄制的《北京古观象台》。

图 3-39　赤道经纬仪

图 3-40　天球仪

图 3-40　天球仪

清康熙十二年（1673）制。通高 2.628 米。天球直径 1.861 米，球面上刻有黄道、赤道，南、北黄极和黄道 12 宫黄经线，赤道南北还刻有赤纬圈。其内布列 282 星座、1876 颗大小不等（分 6 等）的铜星。天球外有子午环与地平环，及以北赤极为中心、嵌于子午环上的时盘。各环圈上均有刻度。天球南北赤极贯于子午环上，可东西转动。其下为支撑底座，内设有令地平环处于水平位置和令赤极轴指向天北极的装置。主要用于赤道、黄道、地平坐标间的换算，求算某节气某星中天的时刻、某节气太阳出没时刻等。图采自北京天文馆摄制的《北京古观象台》。

图 3-41　黄道经纬仪

清康熙十二年（1673）制。通高 3.34 米。外为子午环（直径 1.982 米）。中为两相交接的极至环与黄道环（直径均为 1.767 米），贯于子午环上的南北赤极，可在子午环内转动。内为黄经环（直径 1.653 米）贯于极至环上的南北黄极，其间有通轴相连，通轴中设横表，可在极至环与黄道环内转动。各环圈上均附有游表与刻度，用于照准天体与读数。子午环等均由半圆云座及其下的龙形支架拱托。主要用于测量天体的黄经与黄纬。图采自北京天文馆摄制的《北京古观象台》。

图 3-41　黄道经纬仪

图 3-42　地平经仪

清康熙十二年（1673）制。通高 3.185 米。地平环（直径 2.005 米）周边有刻度，东西向设有通径，通径两端各立龙柱，环心设中空立柱，两端有轴，上端直指天顶，下端又设有横表，可东西运转。由立柱上端分别与横表两端连接引线，用以照准天体。地平环由四隅的龙柱和中间的云柱及其下的十字交梁拱托。十字交梁下有螺旋，以定水平。用于测量天体的地平经度。图采自北京天文馆摄制的《北京古观象台》。

图 3-43　象限仪

清康熙十二年（1673）制。又称地平纬仪。通高 3.63 米。象限弧半径 2 米，弧上附有游表与刻度。象限面内以云龙图案装饰。象限弧心伸出一横轴，在横轴上挂有窥衡，其下端有立耳，用以照准天体。象限弧嵌于正中的竖轴之上，其横半径与竖轴相垂直，可绕竖轴运转。竖轴两端分别置于上横梁与下支架中央，在其东西各有立柱衔接。用于测量天体的地平纬度。图采自北京天文馆摄制的《北京古观象台》。

图 3-42　地平经仪

图 3-43　象限仪

图 3-44　纪限仪

清康熙十二年（1673）制。又称距度仪。通高 3.341 米。60°弧半径 2 米，弧上附有游表与刻度。通过弧中心与弧中央有一直杆，其下端有小环，用于承受滑车的钩，以使直杆处于某一定角度。弧中心伸出一横轴，其上挂窥衡，用于照准天体。其枢轴固定于半圆齿轮上，半圆齿轮又与立轴相连，立轴下有圆柱，插入游龙盘旋的圆座正中，可令弧面左右转

动。主要用于测量两天体间的角距离。图采自北京天文馆摄制的《北京古观象台》。

图 3-45　地平经纬仪

通高 4.115 米。地平环（直径 1.494 米）下有底座支承，其中心竖有立柱，立柱上端贯于东西排列的“门”字形支架中部。象限弧（直径 1.94 米）面嵌于立柱上，弧面内有圆形与方形支架，可绕立柱转动。自象限弧到弧中心设有窥管，可绕中心上下转动，用以照准天体。地平环和象限弧上均有刻度。用于测量天体的地平经纬度。该仪相传由传教士纪理安于 1715 年制成。更可能是法王路易十四送给康熙帝的礼品。现藏北京古观象台。图采自北京天文馆摄制的《北京古观象台》。

图 3-44　纪限仪

图 3-45　地平经纬仪

图 3-46　玑衡抚辰仪

通高 3.63 米。仪分三重：外为子午双环（直径 2.015 米）和与之相交接的天常赤道环（直径 1.957 米），依托于中间的云座和东西两龙柱以及其下的梁架上；中为贯于南北两赤极的赤经环和与之直交的游旋赤道环（直径均为 1.782 米），可绕极轴旋转；内为贯于南北两赤极的四游双环（直径 1.605 米），其内夹有窥衡，可上下左右运转。各环圈上均有刻度。用于测量天体的赤经、赤纬与地方真太阳时。该仪由传教士戴进贤于 1744 年制成。现藏北京古观象台。图采自北京天文馆摄制的《北京古观象台》。

图 3-46　玑衡抚辰仪

图 3-47　七政仪

即太阳系仪，是演示日心学说的仪器。英国黎奇·格里尼制作于 18 世纪上半叶，1759 年稍前作为礼品献给乾隆帝。其通高 73.1 厘米，上部最外环是水平的黄道环（直径 54.6 厘米），与之交接的有赤道环、至极环和分极环。其内分三层：外层有土、木、火星三环，还有演示土星与木星的卫星运转的装置，皆可用手拨动。中层是地球环与月球环，内层是金星与水星环，正中是太阳，皆由发条驱动，自动演示太阳与地球自转，水、金星与地球绕日运转，月球绕地球运转。还有可演示月相变化以及日、月食的装置。现藏故宫博物院。

图 3-48　齐彦槐天球仪

制成于 1830 年。通高 33.4 厘米，圆球面阴刻赤道、黄道、节候与星象等。外设地平、赤道、子午三环，南北两赤极轴贯于子午环上。圆球中部偏下有一小圆孔，可插入一个扁柄的圆形钥匙，用于上紧内设的发条。以之为动力，可令圆球绕南北极轴与天同步运转，用于演示天体的运动。天球仪极轴的下端刻有四行题款："时上章摄提格仲吕月婺源齐梅麓监制"现藏中国国家博物馆。

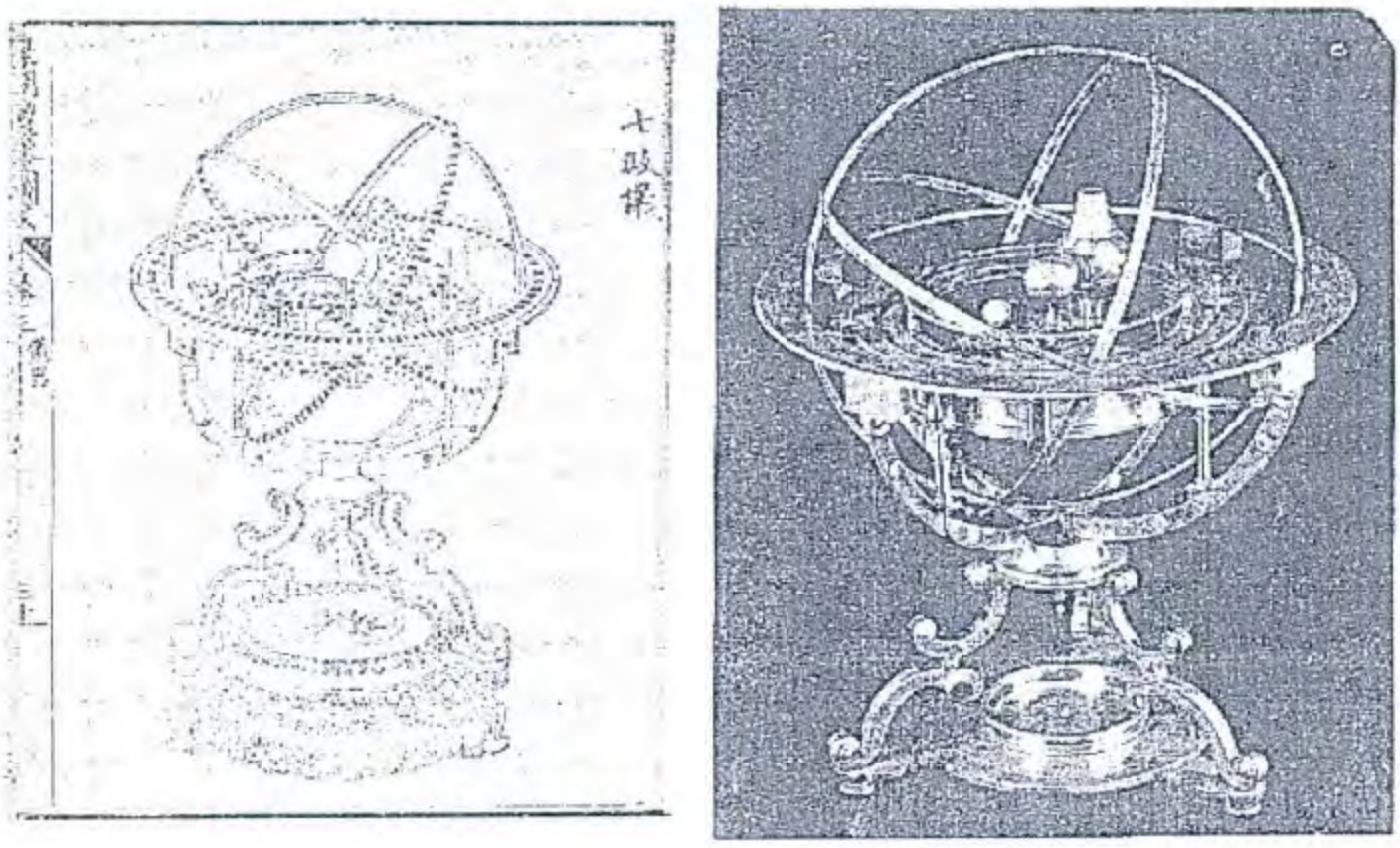


图 3-47　七政仪

图 3-48　齐彦槐天球仪

第四章　数　学

数学是中国古代最为发达的学科之一。由于它本身抽象性的特点，除了计算工具外，几乎没有什么器物，然而其著作却卷帙浩繁，它们是中国古代数学成就最主要的载体。自先秦至清末，到底产生了多少专门的数学著作不得而知。流传到今天的数学著作有多少，也没有精确统计，据说在2000种上下。不过传世的14世纪初（元中叶）以前的仅有20余种，与当时所产生的数学著作相比，十无一二。然而就是这20余种著作，使中国传统数学自公元前3世纪至公元14世纪初登上了世界数坛的领先地位。

三国魏刘徽说："析理以辞，解体用图。"图自然是数学著作的重要组成部分，也是中国古代数学成就的体现。刘徽绘有《九章重差图》一卷，当是配合《九章算术注》的数学证明的精彩图形，可惜已佚。现存某些古代数学著作中有一些随文图，有的还十分形象，但大多由此看不出论证的思路。由于这些数学著作的重要性，书影，包括其中的图在内，占据了本卷数学类图录的大部分。其次是出土的与数学有关的文物、字画等。这里选用的图片反映了我们的先民认识数和图形的主要历程以及中国传统数学的主要成就。

我们的先民在迈向文明社会的时候，便对数和形有了初步认识，逐步形成了数和形的概念。许多出土文物中带有几何图形。方和圆是最常见的两种图形，人们创造了画方的工具矩和画圆的工具规。规矩也成了汉语中表示标准、法则，甚至道德规范的常用词。相传伏羲、女娲造规、矩。山东嘉祥县汉武梁祠有伏羲执矩、女娲执规的画像砖。新疆阿斯塔那唐墓出土的彩帛也有类似的规矩图。

《周易·系辞》云："上古结绳而治，后世圣人易之以书契。"这是说以结绳、木刻记数。《世本》说"隶首作数"，隶首是黄帝的臣子，处于新石器时代晚期。事实上，出土的这一时期的许多陶片上有若干数字刻画。出土的殷商甲骨文使用十进制记数法，并有了地位制的萌芽。至迟在春秋时期完成了十进地位制记数法。《老子》说"善数不用筹策"，说明最迟在春秋时期人们已经普遍使用算筹。算筹采用地位制记数，分纵、横两式。

将算筹纵横交错，并用空位表示0，可以表示任何自然数，也可以表示分数、小数、负数，高次方程和线形方程组，甚至多元高次方程组。有当时世界上最先进的十进地位制记数法与最方便的计算工具算筹，这是中国传统数学长于计算的重要原因。中国传统数学的主要成就大都是借助于算筹完成的。本章选用的有关出土文物的照片反映了从结绳到算筹的发展历程。

人们不断改进筹算的乘除法，自唐中叶起，人们更创造各种乘除捷算法，编成各种口诀。口诀的发展，使得摆布算筹得心无法应手，便导致珠算最晚在南宋产生，并在明代最终取代了筹算，完成了中国计算工具的改革。珠算至今仍在中国、日本、朝鲜和东南亚地区使用。明末程大位的《算法统宗》（1592）对总结珠算算法，普及珠算知识发挥了重大作用。本章选用了最早画有珠算盘的两幅宋元画、程大位的画像以及明代珠算盘的照片。

先秦没有数学著作传世。20 世纪 80 年代湖北张家山汉墓出土的竹简《算数书》的绝大部分内容是先秦产生的，填补了这一空白。《算数书》中有完整的分数四则运算法则，比例和衰分，盈不足和同工共作类算法，以及面积、体积公式。西汉初年编定的《周髀算经》、《九章算术》的主要成就是在先秦完成的。《九章算术》的成就除《算数书》中有的外，还有世界上最早的开平方、开立方法则，线性方程组解法和正负数加减法则，解勾股形和勾股数通解公式等。《九章算术》奠定了中国传统数学的基本框架，数学理论密切联系实际的风格，长于计算，并且算法具有程序化、机械化和构造性的特点，影响了中国和东方的数学 2000 余年。它的编纂标志着中国数学已跃居世界的前列，取代古希腊成为世界数学研究的重心。本章选用了《九章算术》记述某些成就的书影以及后来推衍《九章算术》的著作中的图形。

公元 263 年刘徽撰《九章算术注》，以演绎逻辑为主全面证明了《九章算术》的算法，奠定了中国传统数学的理论基础。刘徽对圆面积公式和刘徽原理的证明在世界上首次在数学证明中引入无穷小分割方法和极限思想，他还发展完善了重差术。刘徽创造了求圆周率的正确方法，祖冲之将圆周率精确到 8 位有效数字，并提出密率$\frac{355}{113}$，领先世界约千年。这一时期《孙子算经》的物不知数问（世界上最早的同余方程组问题），《张丘建算经》中的百鸡术都是著名的不定问题。唐初整理十部算经即后来的《算经十书》，是中国传统数学奠基时期的总结。南宋翻刻的北宋秘书省刊本十部算经中幸存的 5 部半，是世界上现存最早的印刷本数学著作。本章选用了这一时期有关成就的书影，如宋刻算经书影以及宋明著作中关于望海岛和重差术的示意图。

宋元数学是中国筹算数学的高潮。11 世纪北宋贾宪创造开方作法本源图即贾宪三角和增乘开方法。南宋秦九韶（1208～约 1261）撰《数书九章》（1247），总结完善了一次同余方程组解法和正负开方术。金元李冶（1192～1279）发展了设未知数列方程的天元术，并用以解决了勾股形与圆的各种问题，撰《测圆海镜》（1248）和《益古演段》（1259）。元朱世杰撰《算学启蒙》（1299）和《四元玉鉴》（1303），后者创造了四元术即多元高次方程组解法，发展了高阶等差级数求和法和高次招差法。这些成就都超前其他文化传统数百年。本章选用了宋元数学著作的清刻本书影及其示意图。

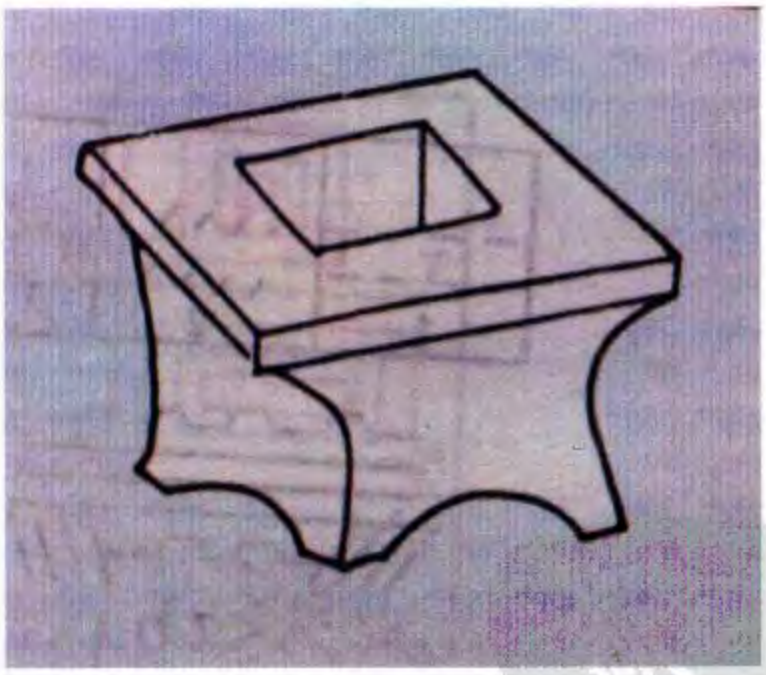
明末西方数学传入中国，开始了中西数学会通的阶段。许多数学家为复兴中国数学殚精竭虑，然而与世界数学的先进水平的差距却越来越大。清末李善兰（1811～1882）沿着中国传统数学的途径接近了微积分，后来又与传教士合译西方微积分著作，是为中国现代数学研究的萌芽。本章选用了李善兰的尖锥术图形，及李善兰和他的学生们的照片。

20 世纪初，中国传统数学中断，中国数学逐渐融入世界统一的现代数学。自 30 年代起，中国数学家开始在现代数学领域作出创造性的成果，经过近一个世纪的不懈努力，目前中国已经成为数学大国，正在向数学强国的目标迈进。

图 4-1　陶器几何图形

图 4-1（a）是 1954 年开始发掘的西安半坡遗址出土的彩陶钵，其中有三角形纹饰，碳 14 测定其年代为公元前 4800～前 4200 年。图 4-1（b）是 1973 年开始发掘的浙江余姚河姆渡遗址出土的陶盂，其口部呈正方形，其年代为公元前 4800 年。图 4-1（c）是上海青浦遗址出土的陶瓶，上面的竹节纹饰都是正圆，其年代为公元前 3900～前 3200 年。大量新石器时代遗址出土的陶器的形状及其纹饰说明，人们已经从宇宙万物中抽象出方、圆、平、直、对称乃至点、线、面、体等概念。

(a) 半坡三角纹彩陶钵



(b) 河姆渡陶盂上的正方形纹饰
（转自《史前研究》1991 年梁大成《河姆渡遗址几何图形试析》）

(c) 崧泽遗址的竹节纹陶瓶
［《崧泽——新石器时代遗址发掘报告》（上海市文物保管委员会）中图版五五］

图 4-1　陶器几何图形

图 4-2　规矩

规、矩分别是画圆、画方的工具。山东汉武梁祠有两块伏羲手执矩、女娲手执规的画像砖，图 4-2（a）是其一。图 4-2（b）是 20 世纪 70 年代在新疆吐鲁番阿斯塔那唐墓出土的伏羲、女娲执规矩的彩帛。伏羲、女娲是神话中的人类始祖，说明规、矩的起源非常早。

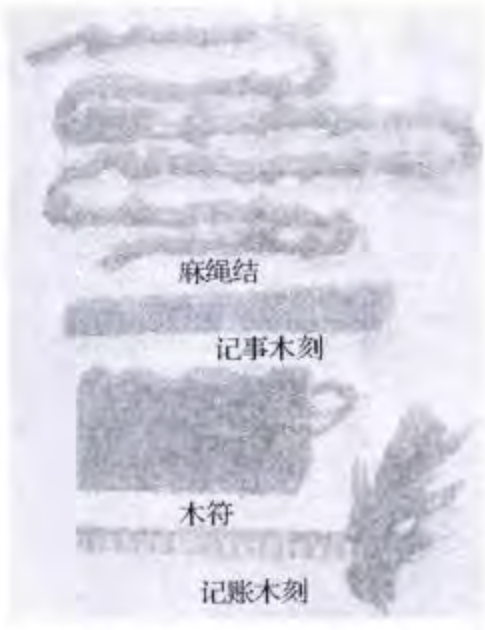
(a) 武梁祠画像砖伏羲、女娲执规矩图

(b) 阿斯塔那唐墓出土的彩帛执规矩图

图 4-2　规矩

图 4-3　结绳记数与书契

人们对数的认识经历了漫长的过程，当人们用一个数字可以表示不同物件的数量的时候，便初步完成了数的概念的抽象。后来产生了数字符号。《周易·系辞》云："上古结绳而治，后世圣人易之以书契。"书契就是在木条上刻痕。中原地区的结绳木刻记数的实物十分罕见。图 4-3（a）是云南傈僳族 20 世纪 50 年代还在使用的结绳。图 4-3（b）是佤族记载债务的木刻。这些实物大体可以反映新石器时代人们记数的情况。



(a) 傈僳族的结绳（《文物》1962 年第 1 期）

(b) 佤族记录债务的木刻

（《考古学报》1981 年第 1 期）

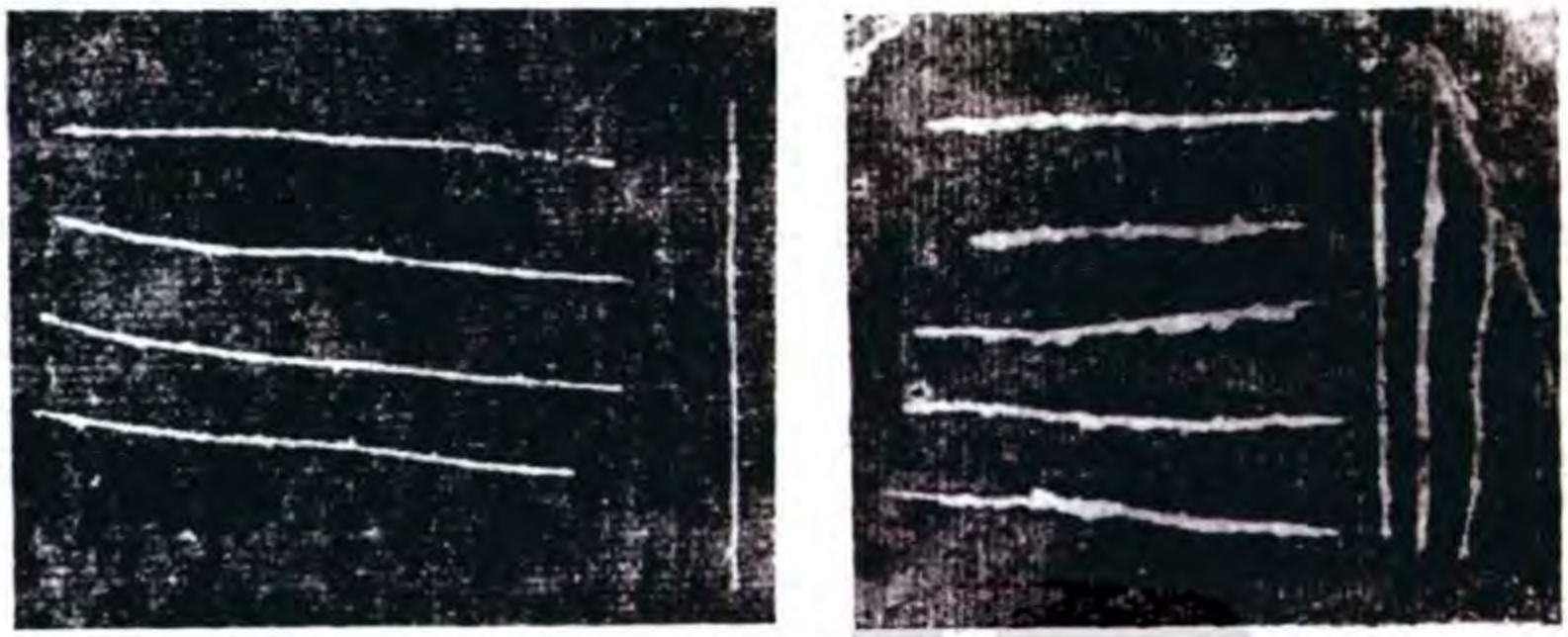
图 4-3　结绳记数与书契

图 4-4　陶文数字

图 4-4（a）是公元前 4800～前 4200 年的西安半坡遗址出土的刻有数字符号的陶片。图 4-4（b）是临潼姜寨遗址出土的陶器上的数字符号，其中有 1，2，3，4，5，6，7，8，70 等数字。图 4-4（c）是登封陶文中的算筹记数符号。这些文物可以与《世本》说的“隶首作数”互相印证。

(a) 半坡遗址出土刻有数字符号的陶片

(b) 临潼姜寨遗址陶器上的数字符号

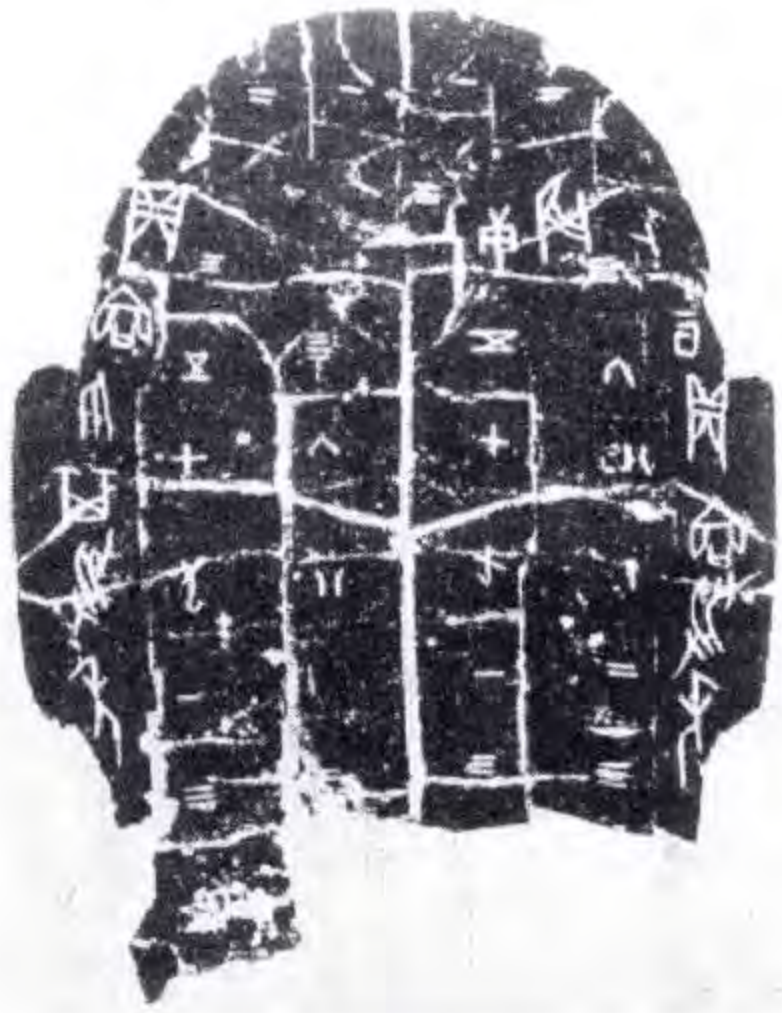


(c) 登封陶文中的算筹符号

图 4-4　陶文数字

图 4-5　刻有数字的甲骨及其释文

图 4-5 是刻有数字的甲骨及其释文（采自《殷墟文字》乙编，7672）。公元前 14～前 11 世纪的殷商甲骨文中有表示 1，2，3，4，5，6，7，8，9，10，100，1000，10 000 的记数符号一，二，三，四，五，六，七，八，九，十，百，千，万，以及表示 30 000 以内的任何数字的符号；20 至 90，200 至 900，2000 至 6000，8000 等均使用合文，最大的数字是 30 000，亦是合文。甲骨文数字已使用完整的十进制，并有了地位制的萌芽。



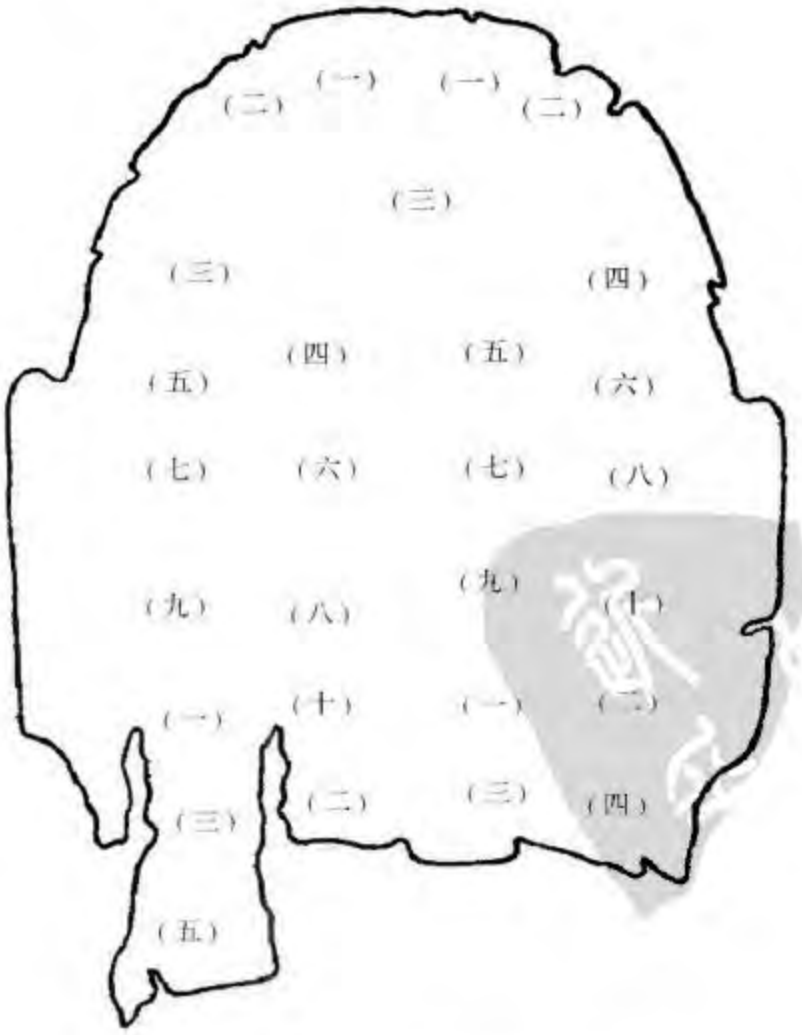
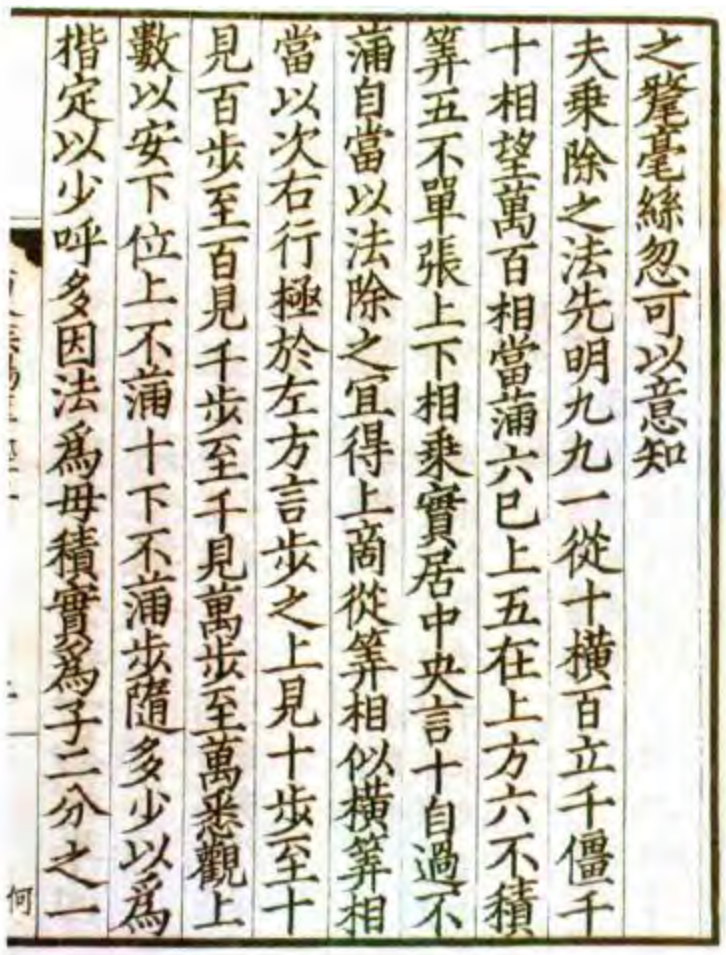


图 4-5　刻有数字的甲骨及其释文

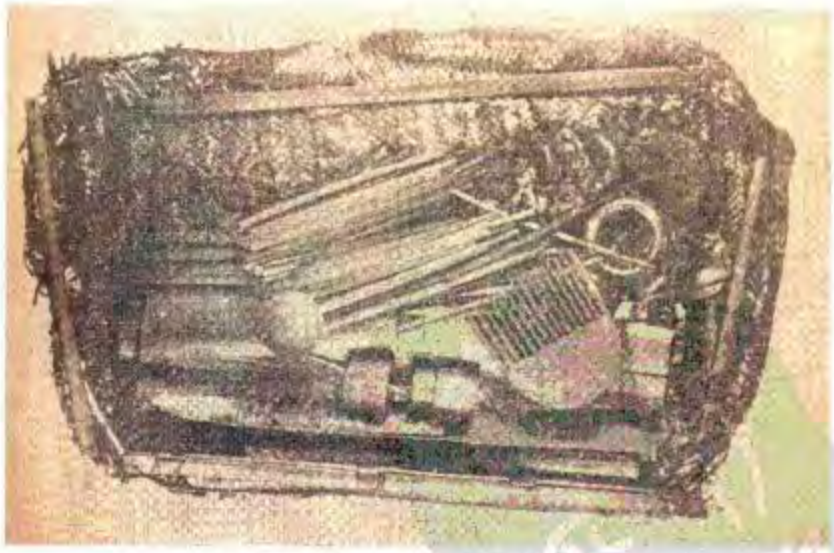
图 4-6　算筹与记数法

算筹是中国古代的主要计算工具，也是当时世界上最先进的计算工具。算筹数字分纵横两式，《孙子算经》云："一从十横，百立千僵，千十相望，万百相当。"《夏侯阳算经》的记载更为完整。图 4-6（a）是汲古阁本《夏侯阳算经》关于算筹记数制度的记载。中国传统数学的主要成就大都是借助于算筹运算完成的。《老子》说"善数不用筹策"，说明最迟在春秋时期已经普遍使用算筹。算筹通常用竹，也有用木、骨、石、金属等制成的。图 4-6（b）是 20 世纪 70 年代陕西旬阳出土的西汉算筹，证实了《汉书·律历志》算筹"径一分（0.23 厘米），长六寸（13.8 厘米）"的记载。为避免滚动与布算面积过大，后来算筹逐渐变短，截面由圆变方。20 世纪 70 年代末石家庄东汉墓出土的算筹截面已变为方形，长度缩短为 8.9 厘米。图 4-6（c）是装有算筹的篋。


之氂毫絲忽可以意知
夫乘除之法先明九九一從十橫百立千僵千
十相望萬百相當滿六已上五在上方六不積
算五不單張上下相乘實居中央言十自過不
滿自當以法除之宜得上商從算相似橫算相
當以次右行極於左方言步之上見十步至十
見百步至百見千步至千見萬步至萬悉觀上
數以安下位上不滿十下不滿步隨多少以爲
揩定以少呼多因法爲母積實爲子二分之一

(a)《夏侯阳算经》记数法书影（汲古阁本）

(b) 旬阳算筹

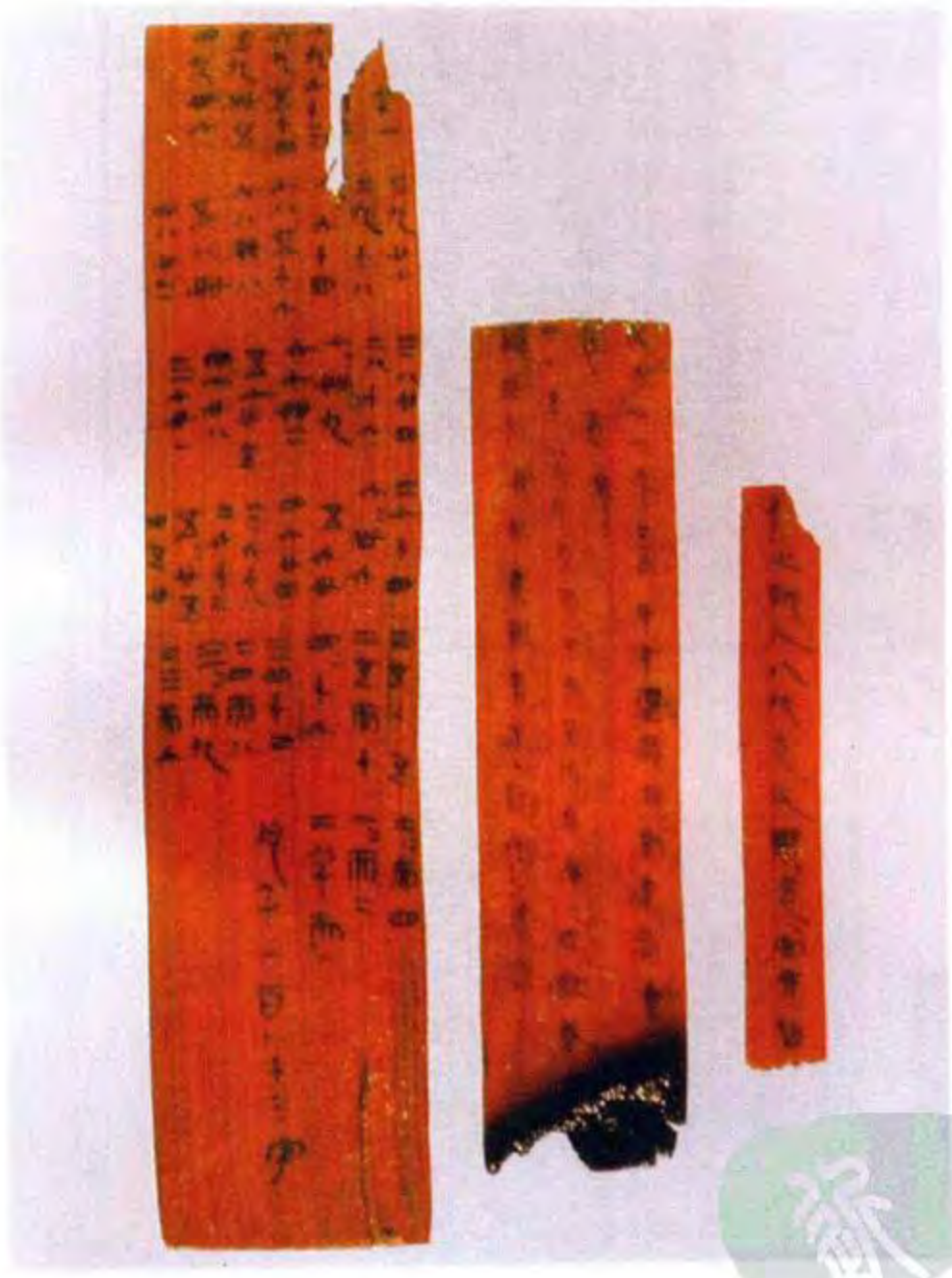


(c) 装有算筹的篋（《文物参考资料》1956 年第 6 期）

图 4-6　算筹与记数法

图 4-7 九九表

图 4-7（a）是 2003 年湖南里耶出土的九九表竹简。九九表就是个位数的乘法口诀，因古代从“九九八十一”开始，故名。《管子》等先秦典籍中有许多九九口诀片段。史籍中有齐桓公设庭燎，视“九九”为“薄能”而招贤纳士的故事。20 世纪 50～60 年代出土的九九表竹简很多，然而均残缺。图 4-7（b）是汉九九表竹简。里耶九九表是目前出土的最为完整的。



(a) 里耶九九表竹简

(b) 汉九九表竹简

图 4-7 九九表

图 4-8　《算数书》

1983 年底 1984 年初在湖北张家山 247 号汉墓中出土了 190 枚数学竹简。图 4-8（a）中间者是第 6 枚简的背面，有《算数书》三字，这批竹简因此而得名。《算数书》的小标题能识别者有 69 条，80 余道题目，含有分数四则运算法则，比例和衰分、同工共作、盈不足算法及若干面积、体积公式，有的在世界上是首创。其绝大部分方法和题目是产生于秦和先秦的，填补了无先秦数学著作传世的空白。图 4-8（b）是关于合分术的竹简。

(a)《算数书》第 6 枚(位于中间)简之背面

(b)《算数书》合分术简

图 4-8　《算数书》

图 4-9　勾股圆方图

图 4-9（a）是南宋本《周髀算经》之勾股圆方图中弦图的第 1 图，以勾 3、股 4、弦 5 绘图，但其原理则具有一般性。公元 3 世纪赵爽撰勾股圆方图注，公元 263 年刘徽撰《九章算术注》，以弦图证明了《九章算术》勾股章所使用的各项解勾股形公式，还提出了某些新的公式。图 4-9（b）是南宋本《周髀算经》所载圆方、方圆图。

(a) 弦图

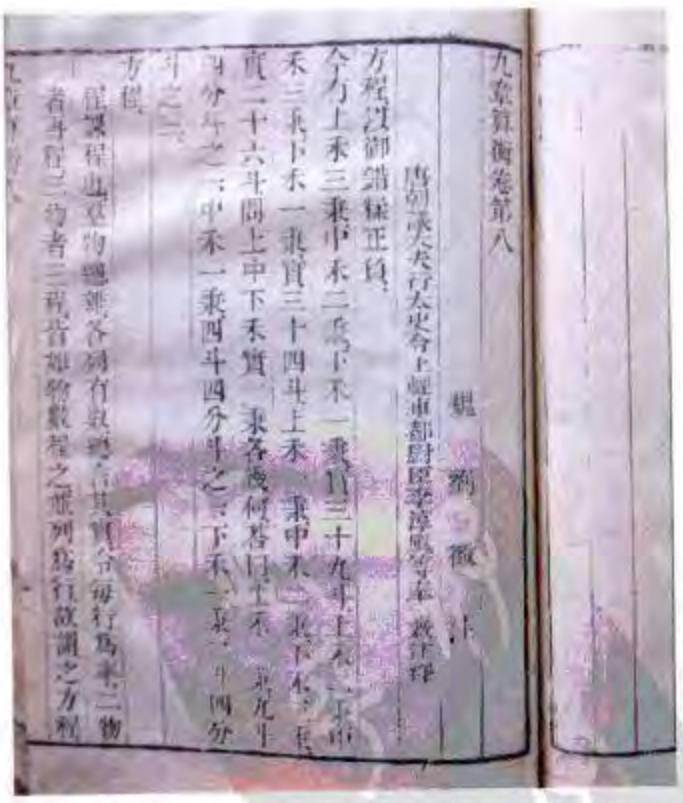
(b) 圆方方圆图

图 4-9　勾股圆方图

图 4-10　《九章算术》书影

图 4-10（a）是南宋本《九章算经》方田章卷首书影。图 4-10（b）是清乾隆御览《武英殿聚珍版丛书》本《九章算术》方程章卷首书影。《九章算术》唐宋间称为《九章算经》，西汉张苍、耿寿昌在先秦遗文上删补而成，是中国传统数学最重要的著作，在许多领域走在了世界的前列，奠定了此后中国传统数学领先于世界数坛 1700 余年的基础。

(a)《九章算术》方田章卷首书影（南宋本）



(b)《九章算术》方程章书影（清乾隆御览聚珍版）

图 4-10　《九章算术》书影

图 4-11　《九章算术》解勾股形图

图 4-11（a）～（d）依次是《宜稼堂丛书》本《详解九章算法》关于《九章算术》勾股

章引葭赴岸、竹高折地、户高多于广、持竿出户等问的示意图。这些问题分别使用已知勾与股弦差求股、弦，已知勾与股弦和求股、弦，已知弦与勾股差求勾、股，已知勾弦差、股弦差求勾、股、弦的公式。《九章算术》还由第 2 类问题在世界数学史上首次抽象出勾股数组的通解公式。

(a) 引葭赴岸图

(b) 竹高折地图

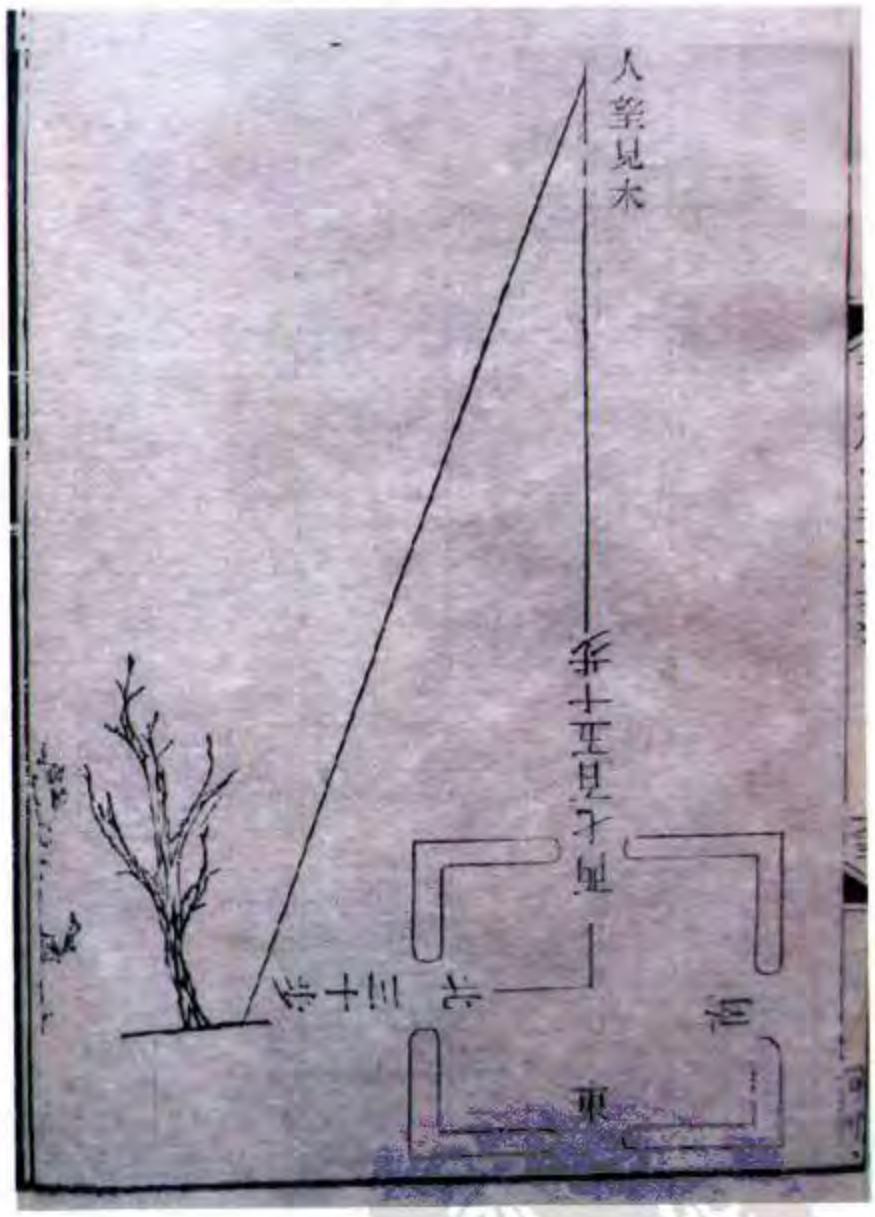
(c) 户高多于广图

(d) 持竿出户图

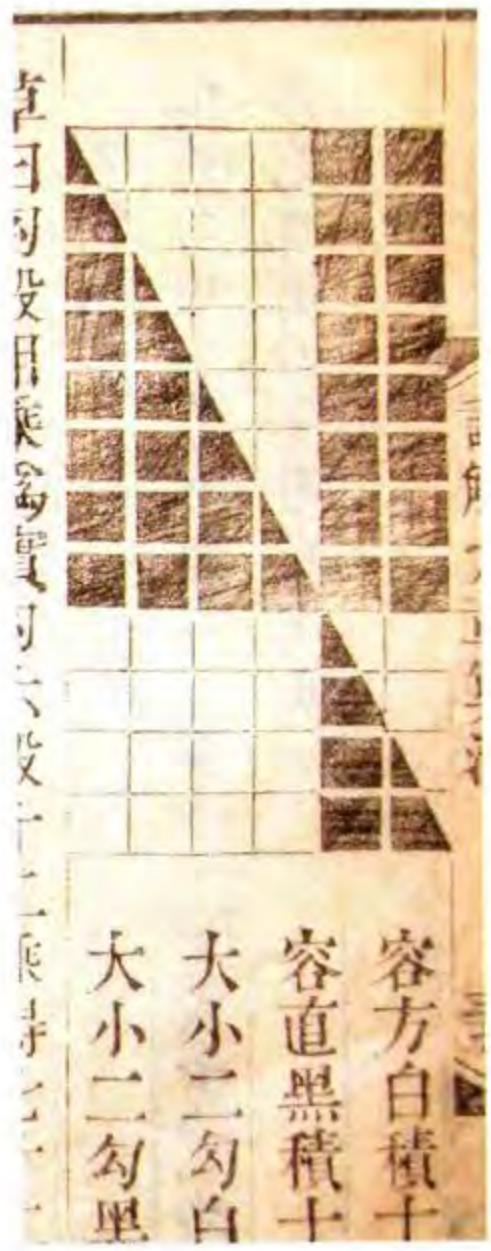
图 4-11　《九章算术》解勾股形图

图 4-12　一次测望图

图 4-12（a）是《宜稼堂丛书》本南宋杨辉《详解九章算法》关于《九章算术》勾股章“出邑南北门”问的示意图，是其一次测望问题中比较复杂的一个，在中国数学史上首次提出了三项二次方程。刘徽用率的理论和出入相补原理阐释了导出该方程的方法。在用出入相补原理解决一次测望问题时常使用容横容直原理，即长方形所分成的两勾股形所容的在对角线上有共点的两长方形面积相等。图 4-12（b）是《宜稼堂丛书》本《详解九章算法》的容横容直原理图。



(a) 出邑南北门图



(b) 容横容直原理图

图 4-12　一次测望图

图 4-13　刘徽的极限思想和无穷小分割方法

图 4-13（a）是南宋本《九章算术》方田章圆田术刘徽注书影，其中的割圆术使用无穷小分割方法和极限思想证明了《九章算术》的圆面积公式，并进而创造了求圆周率的正确方法。图 4-13（b）是南宋本《九章算术》商功章阳马术刘徽注书影，其中提出并使用极限思想证明了刘徽原理，从而证明了《九章算术》的阳马、鳖臑体积公式，并把多面体的体积理论建立在无穷小分割之上。刘徽是世界数学史上将极限思想和无穷小分割方法引入数学证明

的第一位数学家。

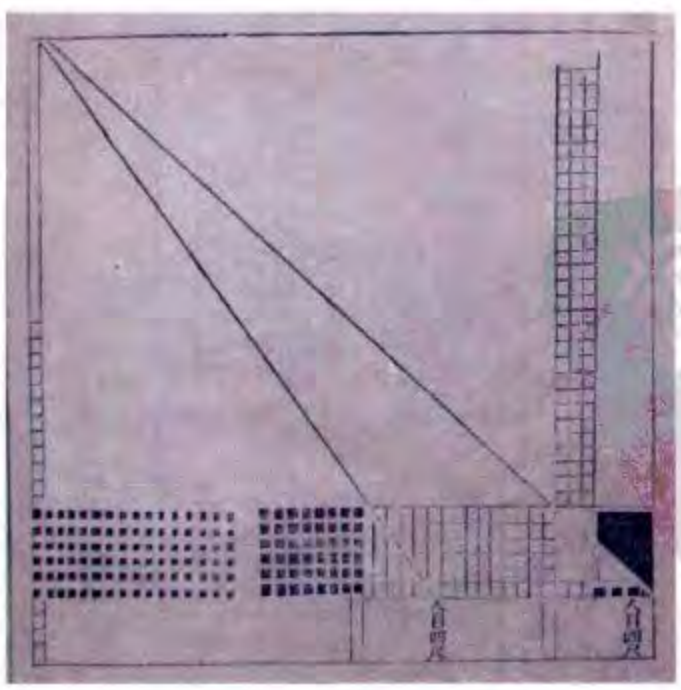
(a) 刘徽割圆术书影
（南宋本《九章算术》卷一）

(b) 刘徽原理书影
（南宋本《九章算术》卷五）

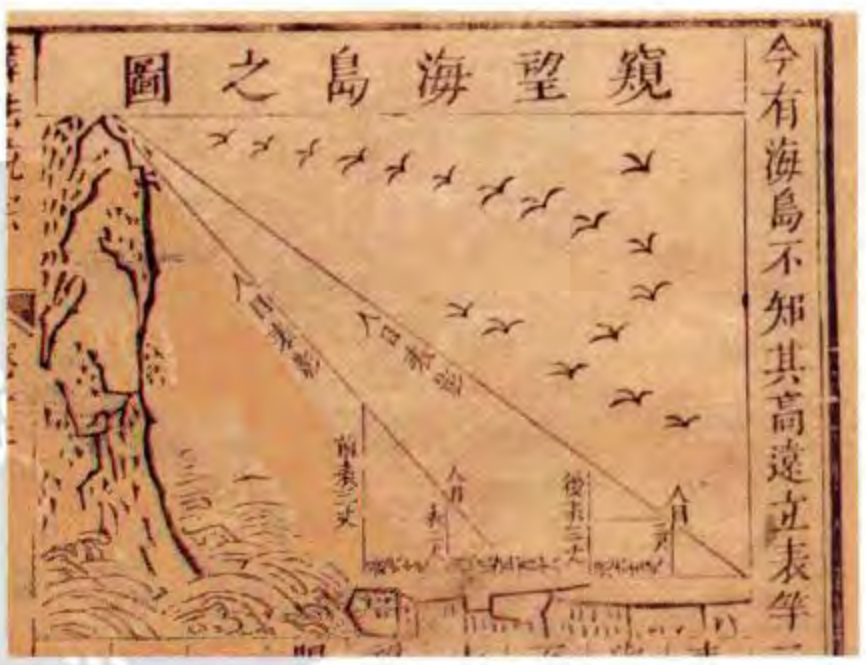
图 4-13　刘徽的极限思想和无穷小分割方法

图 4-14　重差图

图 4-14（a）是杨辉《续古摘奇算法》所载“海岛小图”。杨辉云“尝置海岛小图于座右，乃是先贤作法之万一”，当是已佚的刘徽《九章重差图》之幸存者。图 4-14（b）是程大位《算法统宗》之“窥望海岛之图”。望海岛是刘徽《海岛算经》的第一问，使用重表法求解。重表法是重差术的重要方法，此外还有累矩、连索方法，赵爽、刘徽都为完善重差术做出了贡献。



(a) 海岛小图（《续古摘奇算法》卷下）

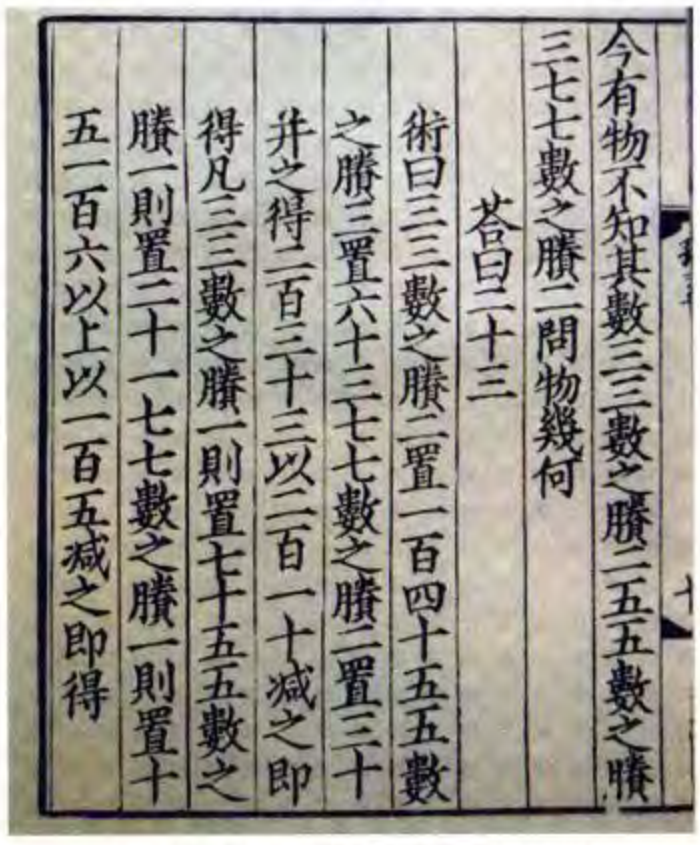


(b) 窥望海岛之图（《算法统宗》卷十二，康熙本）

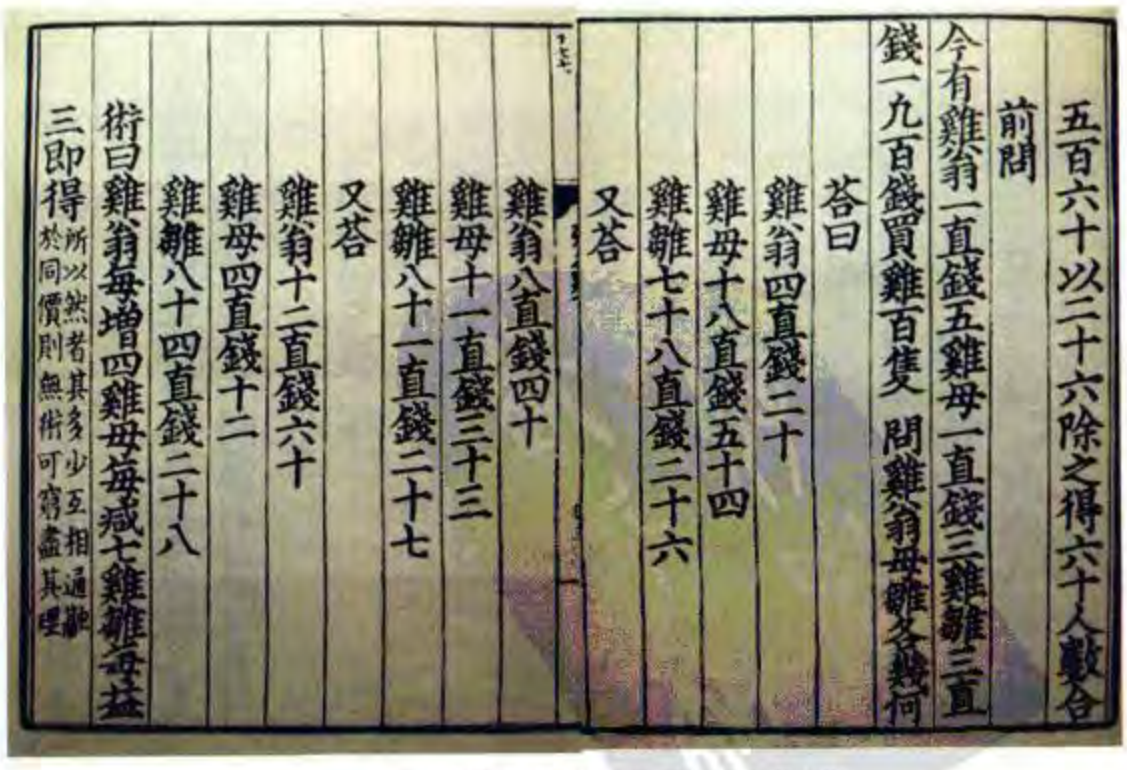
图 4-14　重差图

图 4-15　不定问题

图 4-15（a）是南宋本《孙子算经》中的“物不知数”问的书影，这是世界数学著作中最早的一次同余方程组问题，后来秦九韶在《数书九章》（1247）中提出大衍总数术，是系统的一次同余方程组解法，数学大师高斯（C. F. Gauss，1777～1855）等才在有的方面达到或超过秦九韶。图 4-15（b）是南宋本《张丘建算经》中的百鸡术书影，也是世界数学史上著名的不定问题。


今有物不知其數三三數之賸二五五數之賸二
三七七數之賸二問物幾何
答曰二十三
術曰三三數之賸二置一百四十五五數
之賸三置六十三七七數之賸二置三十
并之得二百三十三以二百一十減之即
得凡三三數之賸一則置七十五五數之
賸一則置二十一七七數之賸一則置十
五一百六以上以一百五減之即得

(a) 南宋本《孙子算经》物不知数问书影


五百六十以二十六除之得六十人數合
前問
今有雞翁一直錢五雞母一直錢三雞雛三直
錢一九百錢買雞百隻　問雞翁母雛各幾何
答曰
雞翁四直錢二十
雞母十八直錢五十四
雞雛七十八直錢二十六
又荅
雞翁八直錢四十
雞母十一直錢三十三
雞雛八十一直錢二十七
又荅
雞翁十二直錢六十
雞母四直錢十二
雞雛八十四直錢二十八
術曰雞翁每增四雞母每減七雞雛每益
三即得所以然者其多少互相通融
於同價則無術可窮盡其理

(b) 南宋本《张丘建算经》百鸡术书影

图 4-15　不定问题

图 4-16　《隋书·律历志》关于祖冲之圆周率的记载

图 4-16 是《隋书·律历志》关于祖冲之圆周率的记载。祖冲之（429～500）撰《缀术》，因隋唐算学馆学官“莫能究其深奥，是故废而不理”，遂失传。幸有《隋书·律历志》的记载，使我们知道他将圆周率精确到 8 位有效数字，相当于求出 $3.141\ 592\ 6<\pi<3.141\ 592\ 7$，以及提出密率$\frac{355}{113}$等贡献。前者的精确度领先世界近千年，后者是分母小于 16 604 的一切分数中最接近 π 的真值者，16 世纪末才被欧洲人奥托、安托尼兹等重新得出。

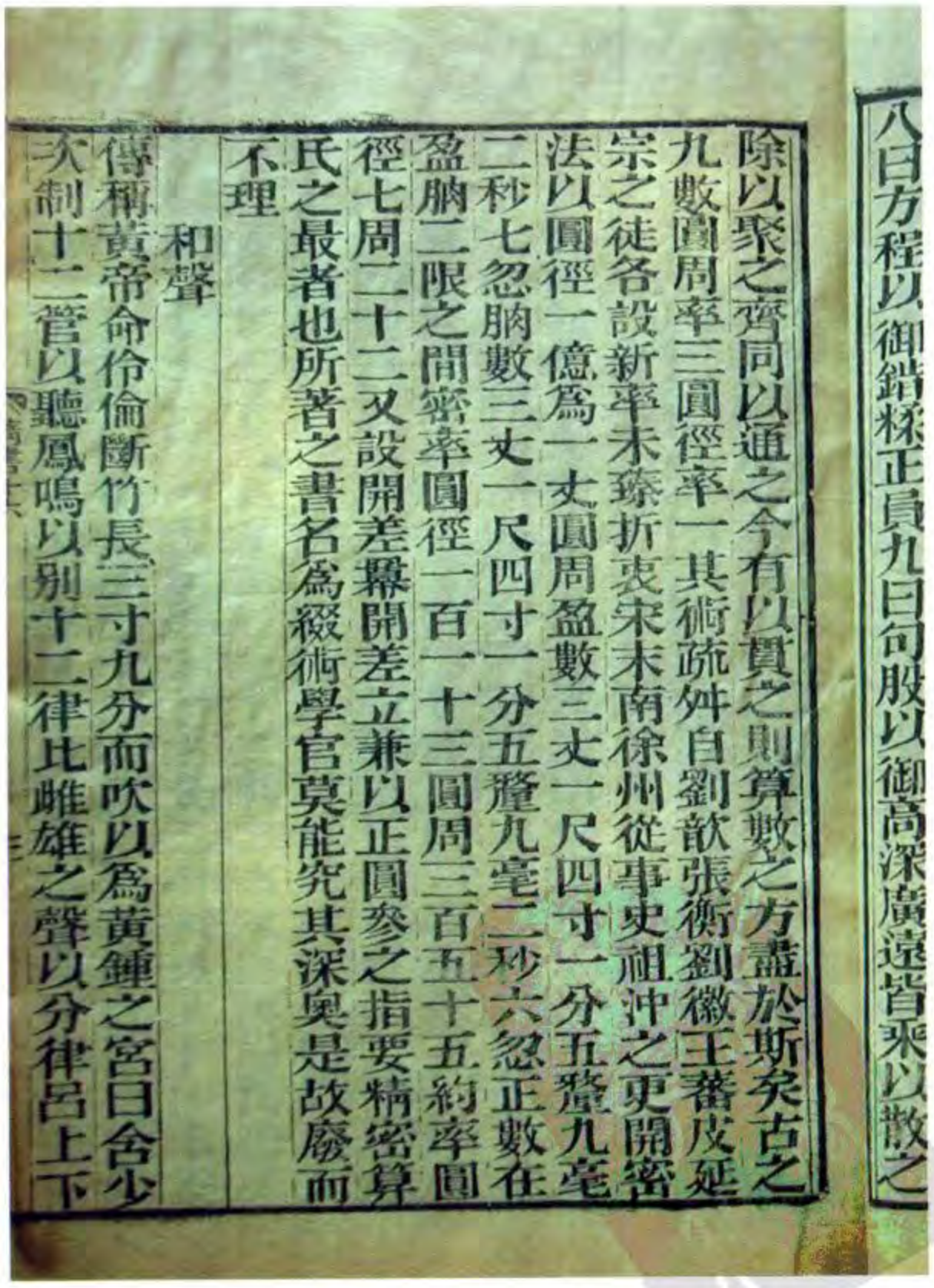


图 4-16　《隋书·律历志》关于祖冲之圆周率的记载

图 4-17　敦煌算书

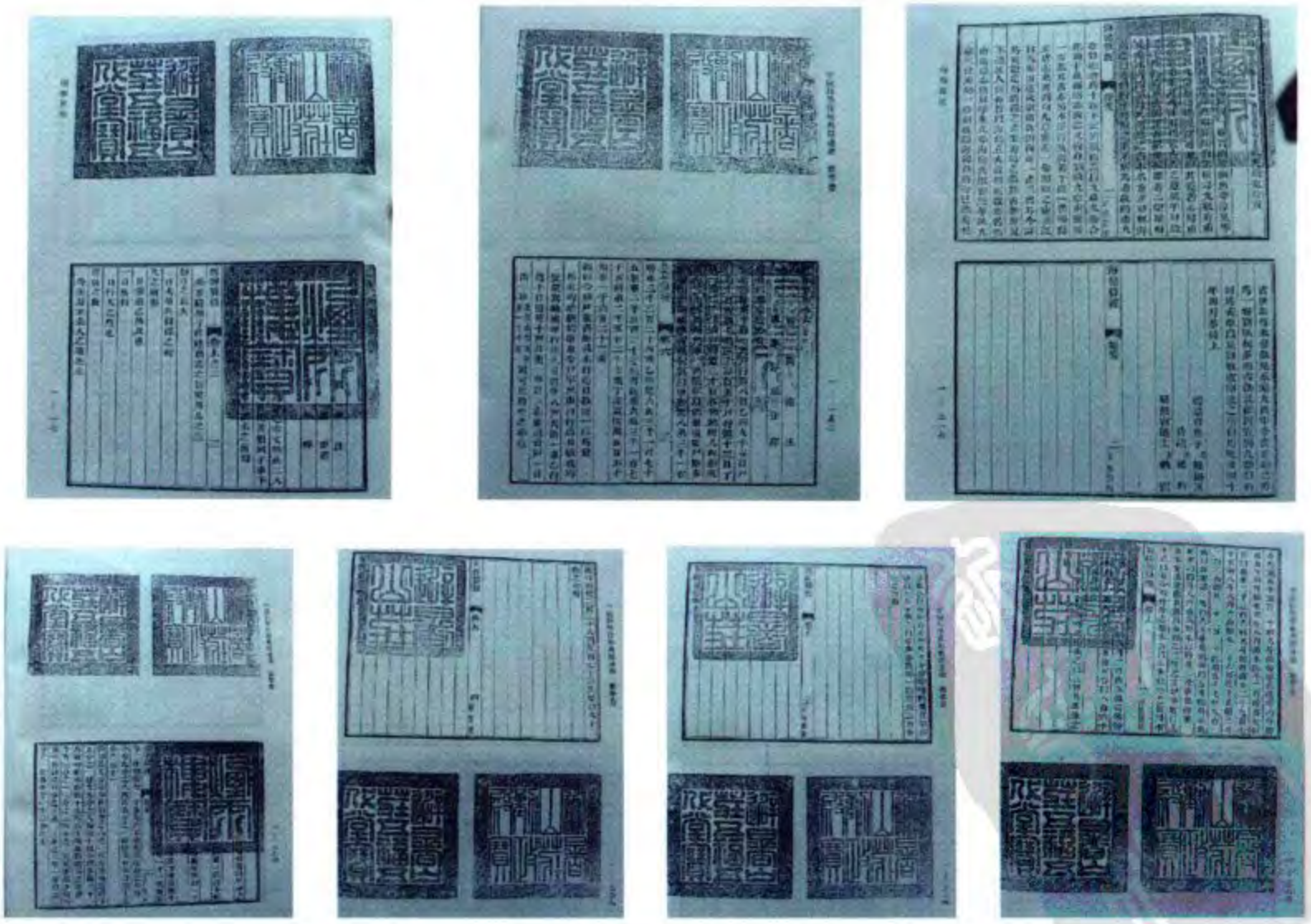
图 4-17 是 20 世纪初在敦煌莫高窟第 228 窟发现的 5～10 世纪的 10 余件手写算书之 S. 5779 号。这些算书分别为匈牙利人 A. Stein（斯坦因）、法国人 P. Pelliot（伯希和）据有，主要有 P. 2667 号算书、P. 2490 号田积表、P. 3349 号算经一卷并序（残）、S. 0019 号算经一卷并序（残）、S. 5779 号算经一卷并序（残）、S. 0930 号立成算经一卷、S. 0663 号乘法算表、S. 4569 号乘法算表、S. 4760 号土地账。有的内容，特别是乘法表与算经序，与《孙子算经》大同而小异，有的内容则反映了唐代的户役制度。

图 4-17　敦煌算书

图 4-18　十部算经

图 4-18（a）是宋刻算经六种书影。北宋元丰七年（1084）秘书省刊刻汉唐十部算经，是为世界上第一次印刷数学著作，但已亡佚。13 世纪初南宋鲍澣之翻刻了这些算经，今存《周髀算经》、《九章算术》（半部）、《孙子算经》、《张丘建算经》、《五曹算经》、《数术记遗》等六种，是为世界上传世最早的印刷本数学著作。图 4-18（b）是乾隆御览《武英殿聚珍版丛书》中的 7 部算书书影。南宋刊刻的十部算经在明代大都亡佚。明初《永乐大典》分类抄录了汉唐算经，戴震于 1774 年在《四库全书》馆从中辑录出《周髀算经》、《九章算术》、《海岛算经》、《孙子算经》、《五曹算经》、《五经算术》、《夏侯阳算经》等 7 部，加以整理，收入《武英殿聚珍版丛书》。后乾隆命馆臣修订，藏于承德避暑山庄，今存南京博物院。

(a) 宋刻算经六种

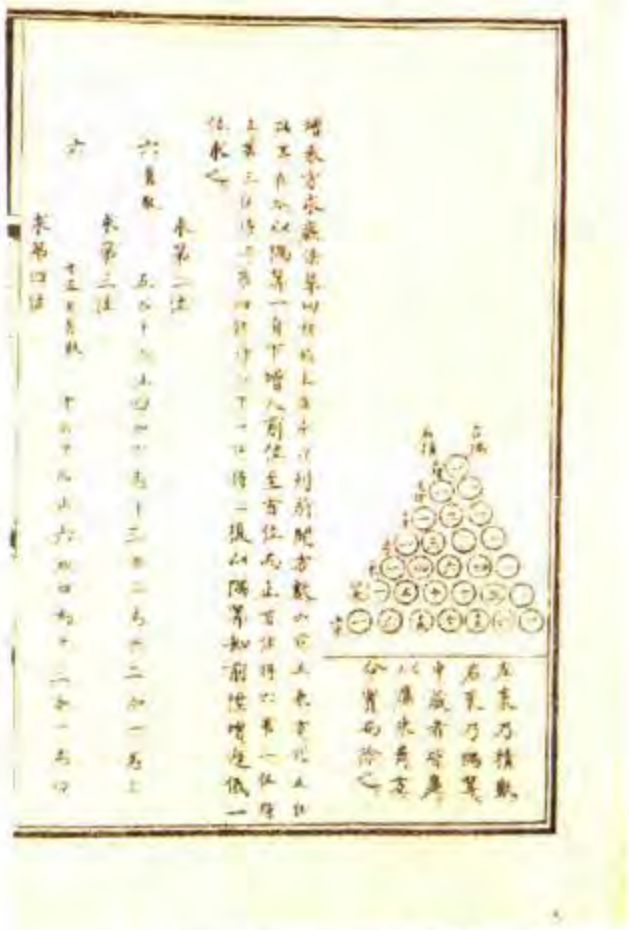


(b) 御览本《武英殿聚珍版》算书七种

图 4-18　十部算经

图 4-19　贾宪三角

图 4-19（a）是北宋贾宪（11 世纪上叶）创造的“开方作法本源图”，今称贾宪三角。它实际上是将二项式 $(a+b)^n$，$n=0$，1，2，… 的展开式的系数自上而下摆成的三角形，是传统开方法的“立成”，说明贾宪已能开任意高次方。15～17 世纪阿拉伯和欧洲的数学家也提出了同样的三角形。图 4-19（b）是元朱世杰《四元玉鉴》（1303）中的“古法七乘方图”，它用两组平行线将贾宪三角的各数连接起来，成为解决高阶等差级数求和的有力工具。



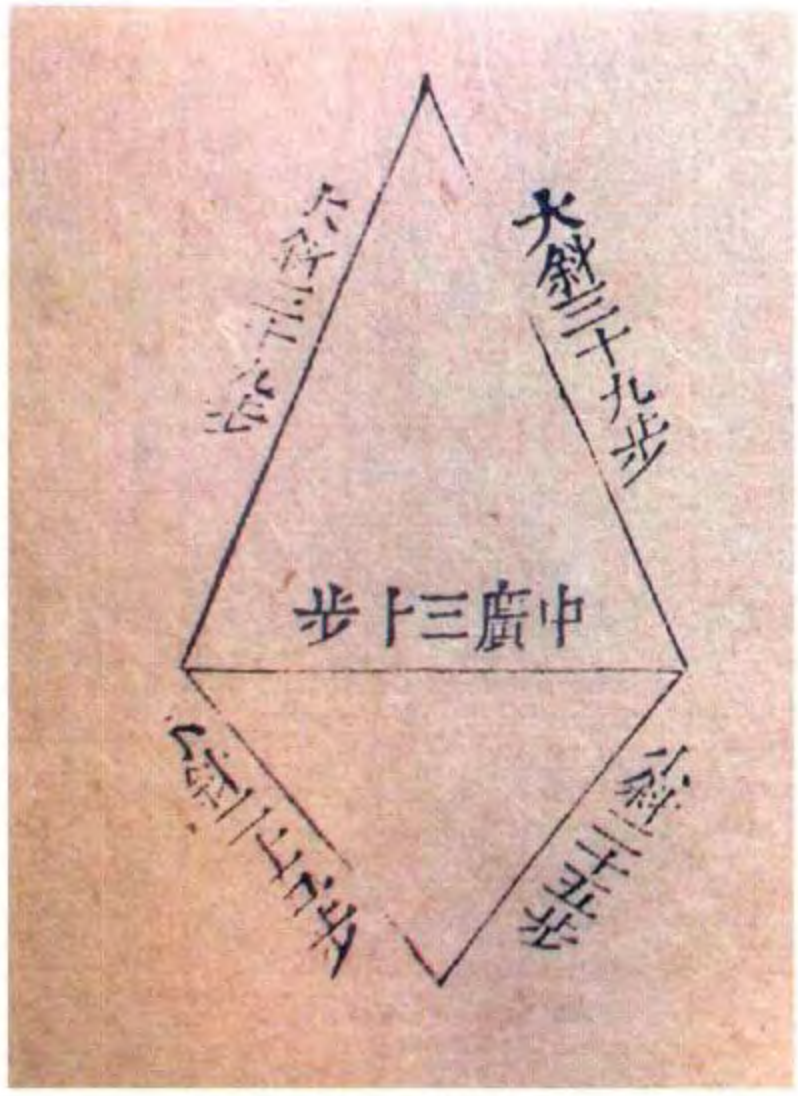
(a) 贾宪三角图（《永乐大典》卷 16344）

(b) 古法七乘方图（元朱世杰《四元玉鉴》卷首）

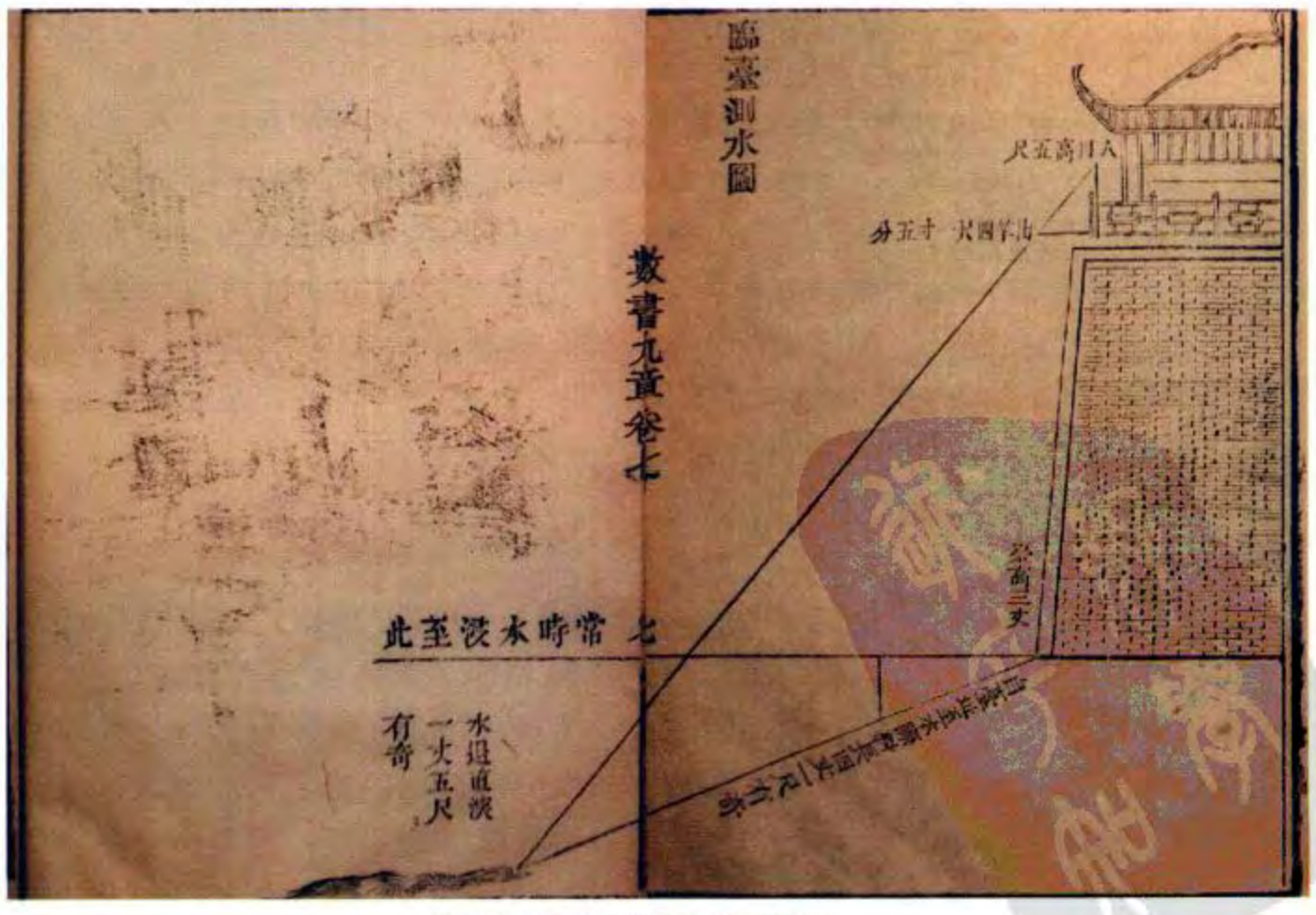
图 4-19　贾宪三角

图 4-20　《数书九章》插图（一）

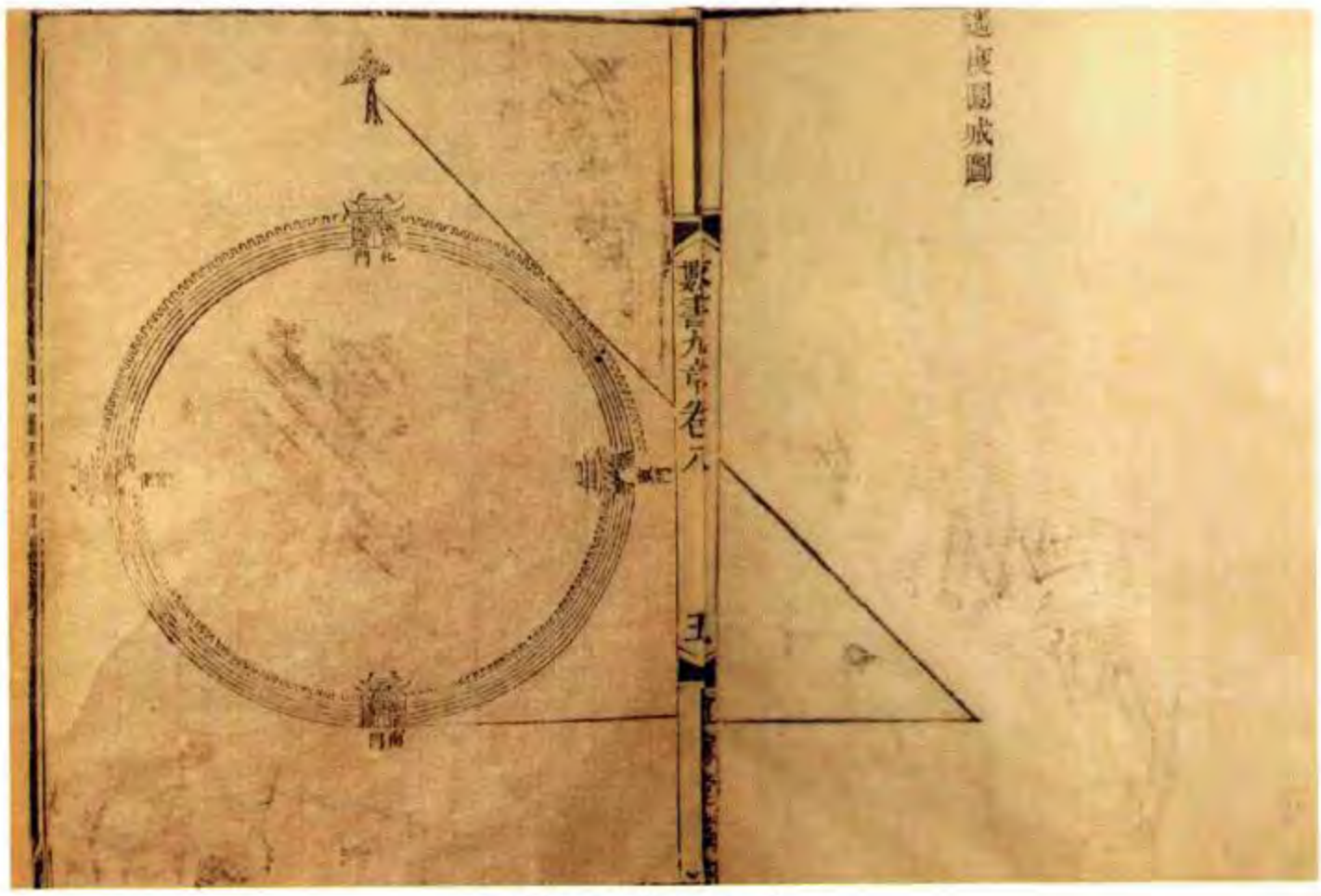
图 4-20（a）是秦九韶《数书九章》田域类“尖田求积”问的示意图。秦九韶用正负开三乘方术（即四次方程）求解此问。他的正负开方术将以贾宪创造的增乘开方法为主导的求高次方程正根的方法发展到十分完备的程度。后来阿拉伯地区和 19 世纪初的欧洲也产生了类似的方法，世称霍纳（Horner）法。图 4-20（b）是秦九韶在《数书九章》测望类中的“临台测水”问，用二次方程求解。图 4-20（c）是《数书九章》测望类中的“遥度圆城”问，用 10 次方程求解，是秦书中次数最高的方程。秦九韶提示“以勾股差率求之”，可见他通晓由《九章算术》勾股章发展出来的另一个勾股数组通解公式。



(a) 尖田求积图(《数书九章》卷五)



(b) 临台测水图(《数书九章》卷七)



(c) 遥度圆城图(《数书九章》卷八)

图 4-20　《数书九章》插图（一）

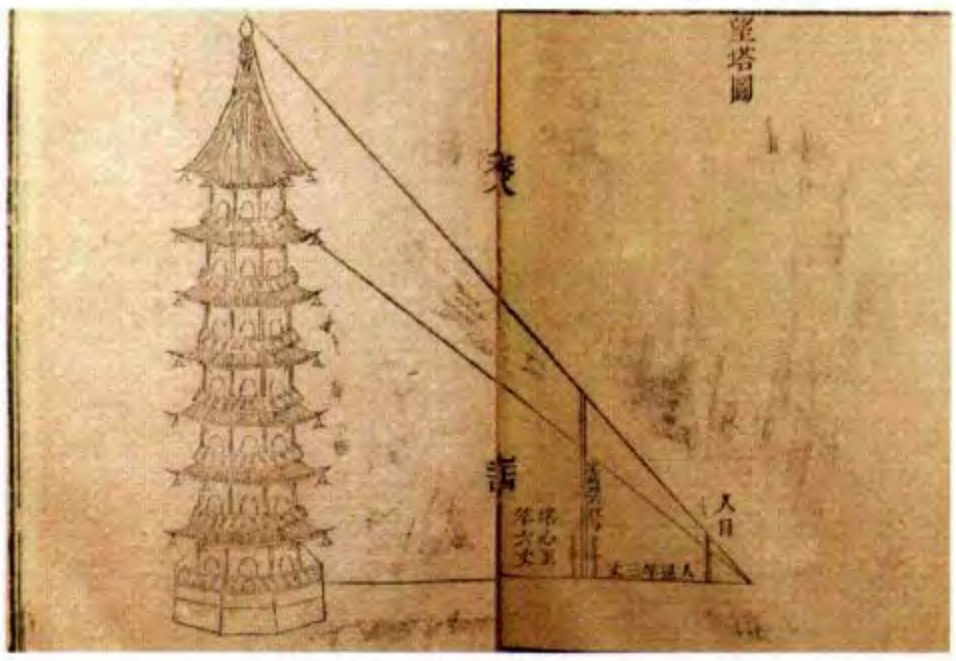
图 4-21　《数书九章》插图（二）

图 4-21（a）是秦九韶《数书九章》军旅类“望敌远近”问的示意图。秦九韶是一位关心国计民生与国家兴亡的数学家，他将《九章算术》勾股章“因木望山”问改造成为一个测望敌人远近的题目。图 4-21（b-1）是《数书九章》测望类的“表望浮图”问，所绘之塔的形状及各部分的尺寸，都与秦九韶撰写此书时居住的湖州道场山上的多宝塔暗合。图 4-21（b）-2 是湖州多宝塔，当是“表望浮图”问的原型，建造于北宋元丰年间。图 4-21（c）是《数书九章》营建类“计作清台”问的示意图。它是一座天文台的设计及工程量的分配的问题，答案有 25 项之多。此图是世界上现存最早的天文台设计图。

图 4-22　圆城图式

图 4-22 是元李冶《测圆海镜》卷一的“圆城图式”（知不足斋本）。《九章算术》勾股章开创的勾股容圆问题到宋元发展为圆与勾股形的 9 种相容关系，称为“洞渊九容”。元李冶扩充为 10 种相容关系，就一个圆和 16 个勾股形的关系提出了 170 个求圆径长的问题，并以天元术为主要方法解决之，因而著《测圆海镜》(1248)。此图绘出了这些勾股形与圆的各种相切关系。以心、天、地、日、月、乾、坤、巽、艮等汉字表示点，也是个创举。

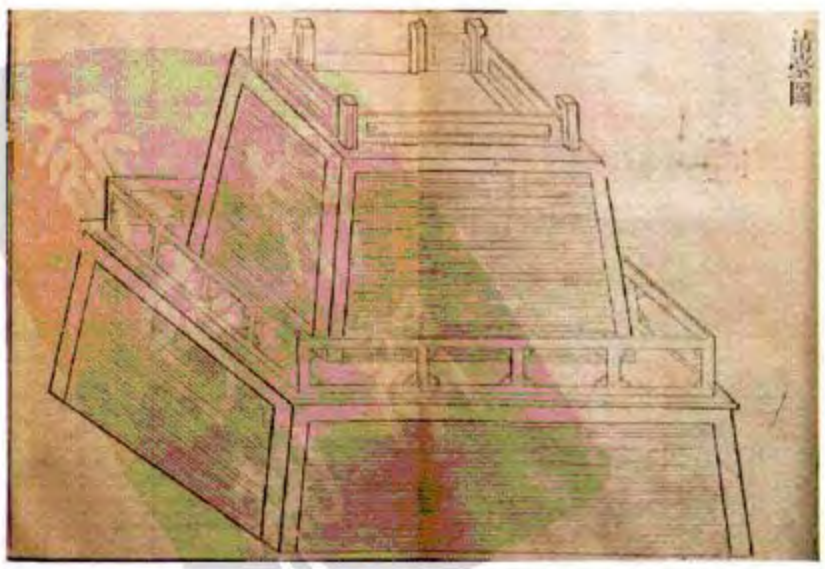
(a) 望敌远近图(《数书九章》卷八)



1. 望塔图(《数书九章》卷八)

2. 湖州多宝塔

(b) 多宝塔



(c) 清台图(《数书九章》卷十四)

图 4-21　《数书九章》插图（二）

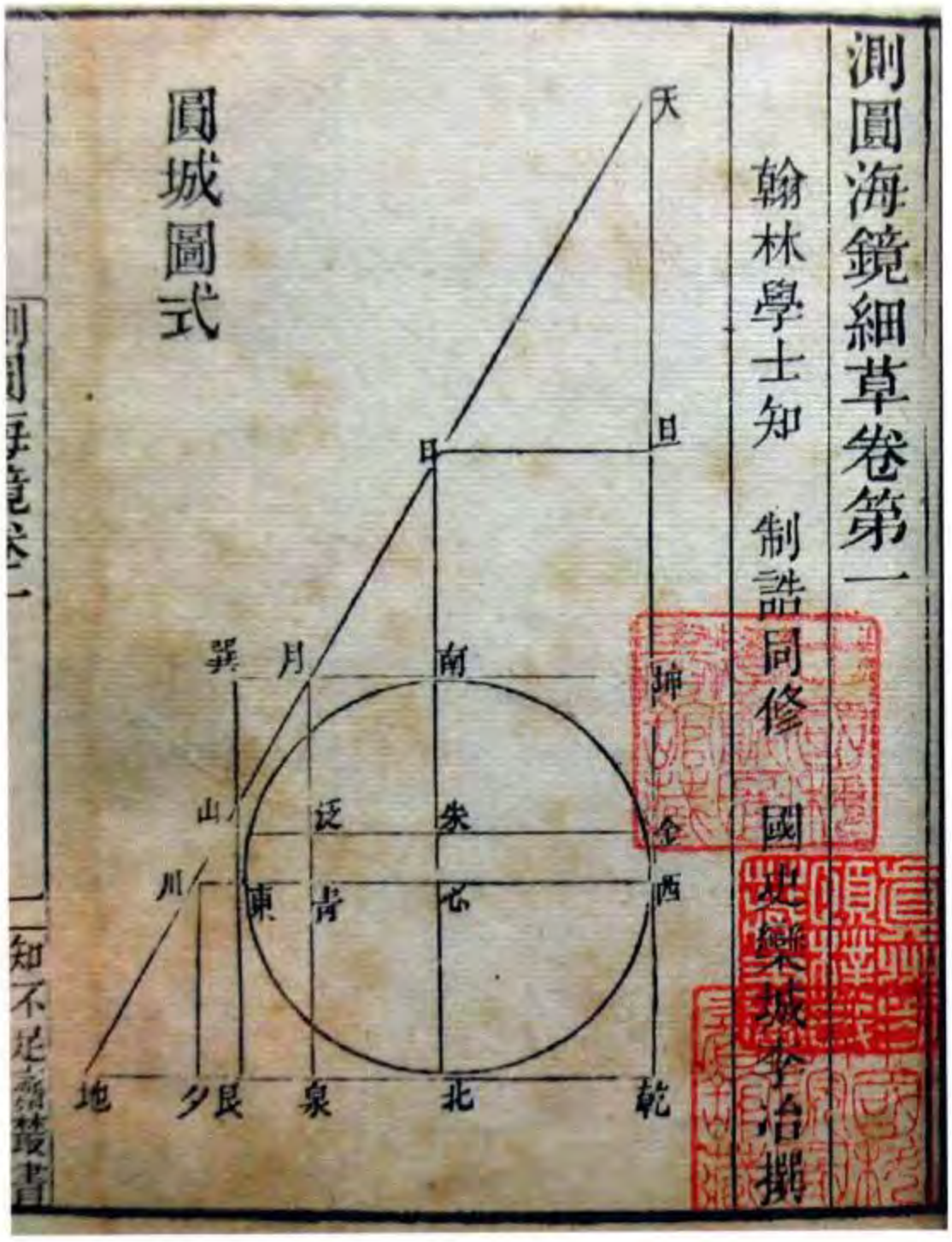


图 4-22　圆城图式

图 4-23　宋元算书

13 世纪 40 年代至 14 世纪初半个多世纪中，中国出现了南北两个数学中心和许多重要数学著作。图 4-23（a）是传世的南宋主要数学著作《数书九章》、《详解九章算法》、《杨辉算法》的书影，是为南方数学中心的代表作，它以研究高次方程数值解法、同余方程组解法、改进乘除捷算法为主，前两项超前其他文化传统几个世纪，后者导致珠算盘的诞生。图 4-23（b）是传世的金元主要数学著作《测圆海镜》、《益古演段》、《算学启蒙》、《四元玉鉴》的书影，是为北方数学中心的代表作，研究了勾股容圆问题，以及天元术（设未知数列方程的方法），四元术（多元高次方程组解法），发展了垛积术（高阶等差级数求和法）和高次招差术等，都超前其他文化传统几个世纪。其中《测圆海镜》、《益古演段》书影系李锐（1769～1817）手迹，《算学启蒙》系日本 1690 年的谚解本。

(a) 《数书九章》、《详解九章算法》、《杨辉算法》书影

(b) 《测圆海镜》、《益古演段》、《算学启蒙》、《四元玉鉴》书影

图 4-23　宋元算书

图 4-24 梯法七乘方图

图 4-24 梯法七乘方图

图 4-24 是元朱世杰《四元玉鉴》卷首“今古开方会要之图”中的“梯法七乘方图”，此图及图 4-25，图 4-26 的三幅图皆采自清宛委别藏本。北宋贾宪创造增乘开方法，又称为递增开方法或梯法开方法。它是以随乘随加取代传统开方法（朱世杰称为“古法”）中使用贾宪三角中的系数以求得减根方程，更具有程序性、机械化的特点。后来阿拉伯地区和 19 世纪初的欧洲也产生了同类的方法。秦九韶、李冶、朱世杰都通晓增乘开方法，发展为完备的高次方程数值解法。

图 4-25 四元自乘演段图

图 4-25 是元朱世杰《四元玉鉴》卷首的“四元自乘演段图”。宋元数学家创造了天元术，即设未知数列方程的方法，后来先后创造二元术、三元术，即二元、三元高次方程组解法。元朱世杰创造四元术，即四元高次方程组解法。朱世杰设勾、股、弦、黄方（弦与勾股和之差）分别为天元、地元、人元、物元，绘出“四元自乘演段之图”。

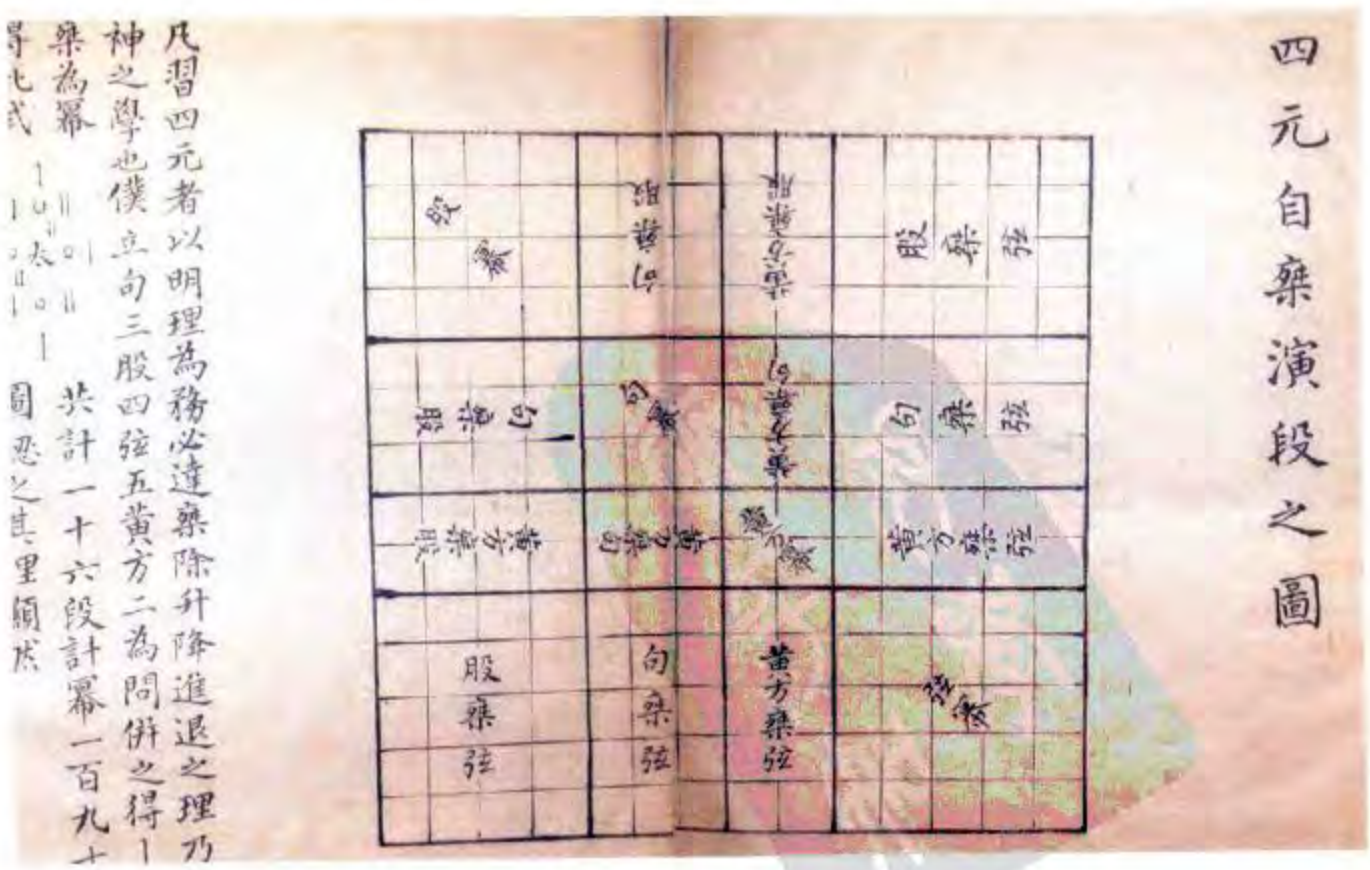
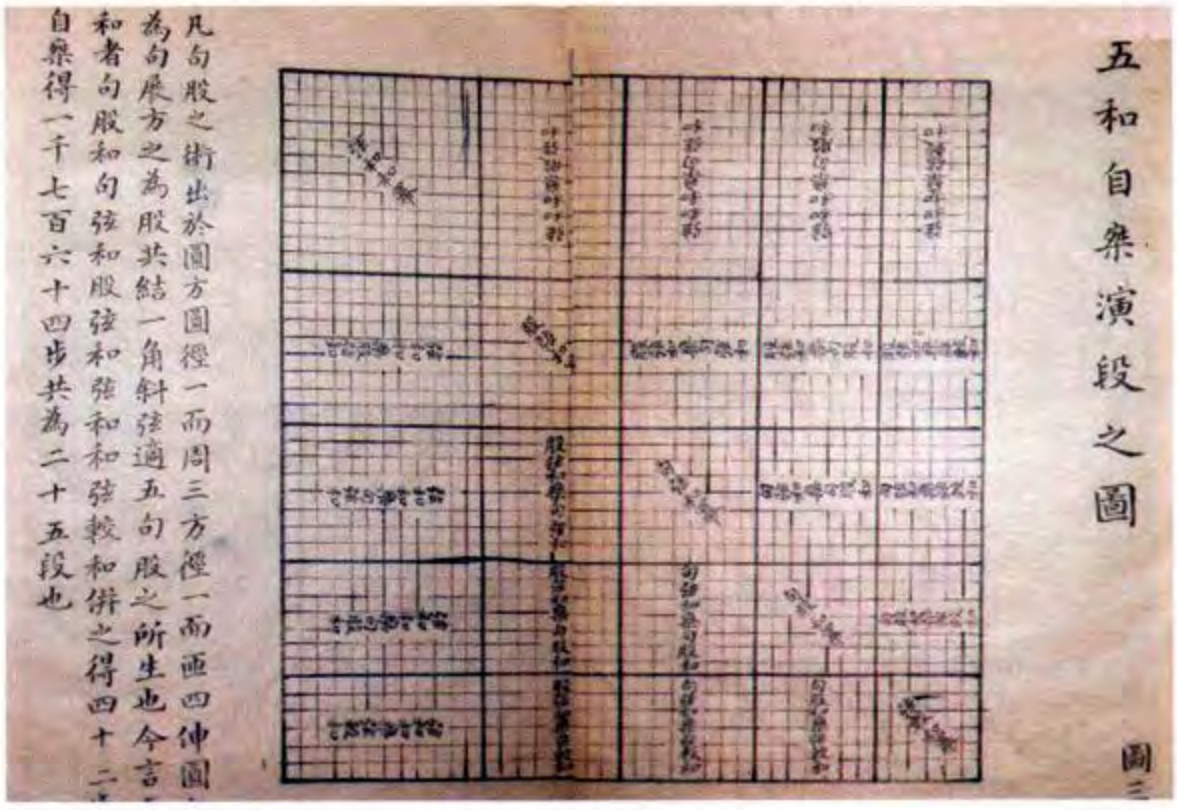


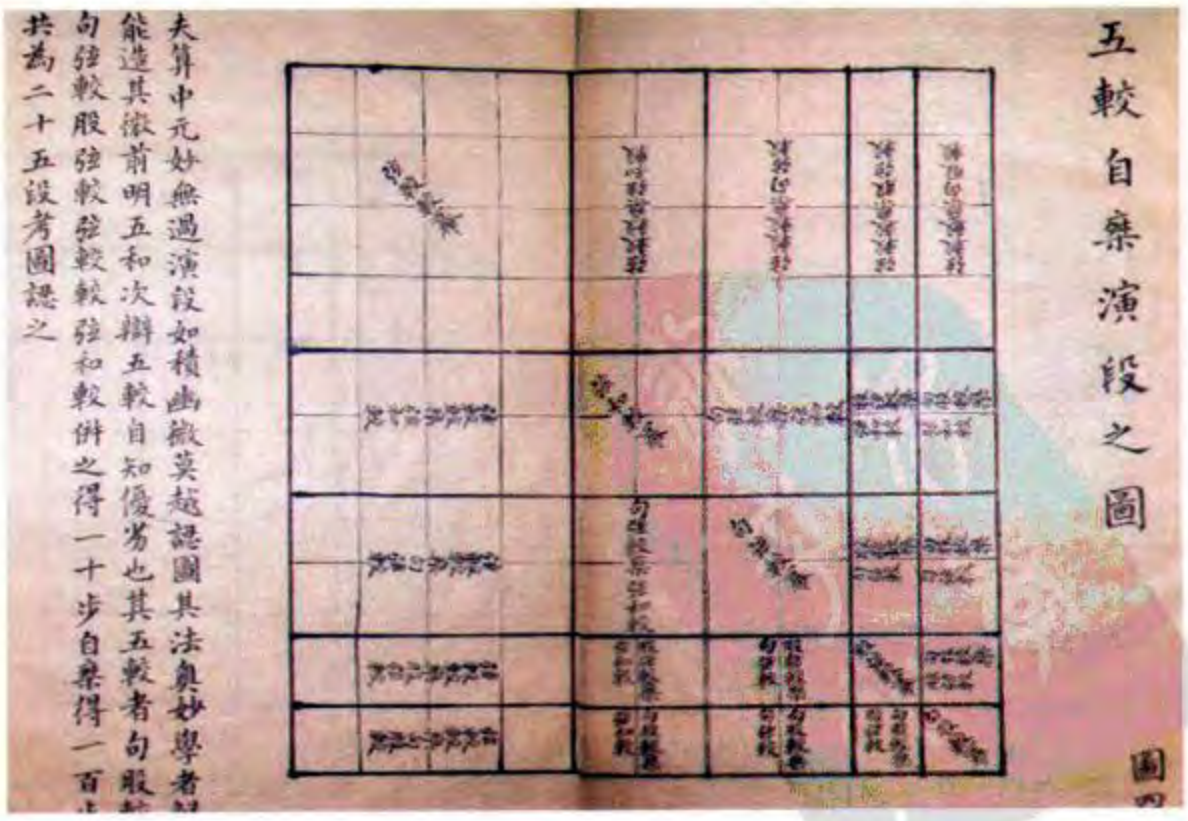
图 4-25 四元自乘演段图

图 4-26　勾股五和五较自乘演段图

图 4-26（a）是元朱世杰《四元玉鉴》卷首的“五和自乘演段图”；图 4-26（b）是其“五较自乘演段图”。解勾股形是中国传统数学的重要分支。五和是勾股形中勾、股、弦及其和、差的五种和的关系，即：勾股和，勾弦和，股弦和，弦和和即弦与勾股和之和，弦较和即弦与勾股差之和。五较指勾、股、弦及其和、差的五种差的关系，即：勾股较即勾与股之差，勾弦较即勾与弦之差，股弦较即股与弦之差，弦较较即弦与勾股较之差，弦和较即弦与勾股和之差。朱世杰绘出了它们的自乘、互乘之图。



(a) 五和自乘演段图



(b) 五较自乘演段图

图 4-26　勾股五和五较自乘演段图

图 4-27 纵横图

图 4-27（a）是杨辉《续古摘奇算法》中的五阶和六阶纵横图。纵横图又称为幻方，是现今组合数学的重要内容。它是由 n^2 个自然数摆成的数字正方形，其各行、列与对角线上的数字之和均为$\frac{n(1+n^2)}{2}$。东汉郑玄《易纬·乾凿度注》和徐岳《数术记遗》均记载了三阶纵横图，称为九宫。杨辉《续古摘奇算法》卷上给出了 3～10 阶的纵横图及其造法。图 4-27（b)是 1956 年在西安元代安西王府旧址出土的至元 15 年（1278）阿拉伯学者扎马鲁丁推算历法时用铁制作的“东阿拉伯系统”数字的六阶纵横图及其释文。

(a) 杨辉的五阶和六阶纵横图(《续古摘奇算法》)

28	4	3	31	35	10
36	18	21	24	11	1
7	23	12	17	22	30
8	13	26	19	16	29
5	20	15	14	25	32
27	33	34	6	2	9

(b) 铁板幻方及其释文

图 4-27 纵横图

图 4-28　珠算盘

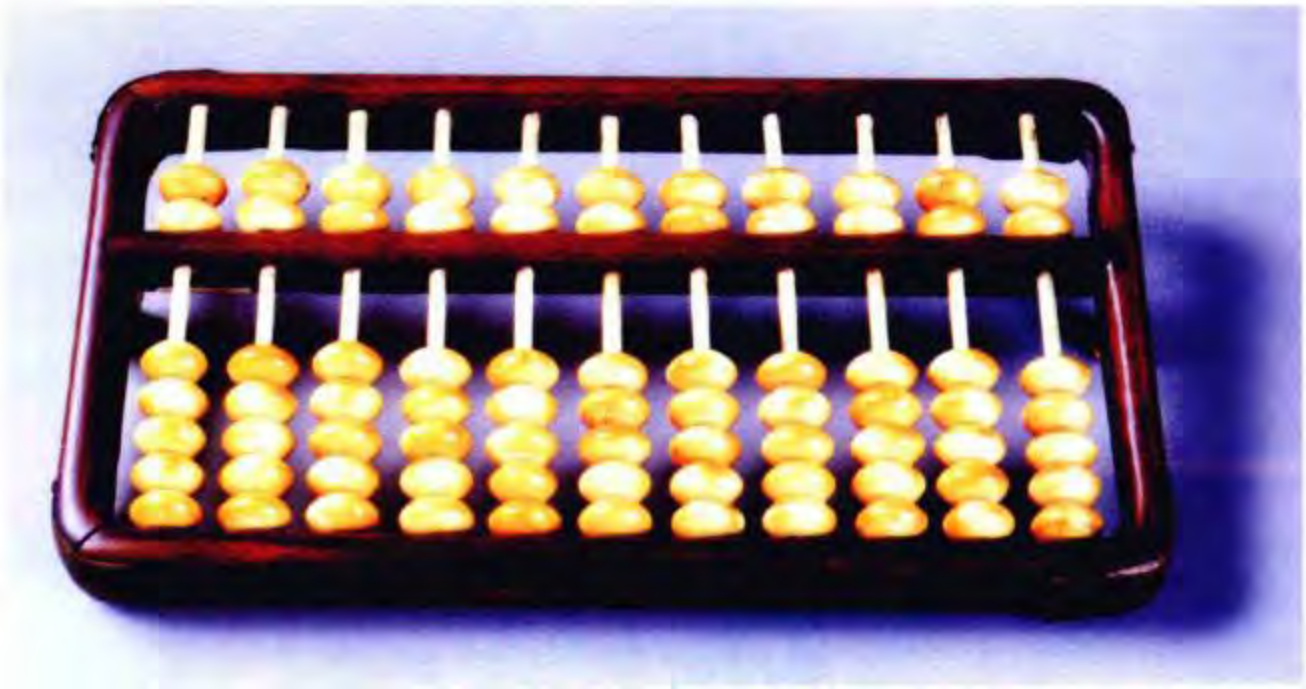
图 4-28（a）是南宋刘胜年所绘《茗园赌市》图，其中绘有一把珠算盘。图 4-28（b）是元至大三年（1310）王振鹏所绘《乾坤一担》图，其中货郎的担子中也有一把珠算盘。现在通用的珠算盘是什么时候产生的，中国数学史界和珠算史界一直聚讼不已。这两幅画说明最迟在南宋已经产生珠算盘，并已广泛使用。事实上，筹算的乘除捷算口诀在南宋已相当完善，创造珠算盘的算法条件早已成熟。珠算盘产生后与算筹并用了一段时间，最终在明中叶完全取代了算筹，完成了我国计算工具的改革。图 4-28（c）、（d）是明代的象牙算盘和菱角算盘。

局部放大图

(a) 茗园赌市图（南宋）

局部放大图

(b) 乾坤一担图（元）



(c) 象牙算盘（明）

(d) 菱角算盘（明）

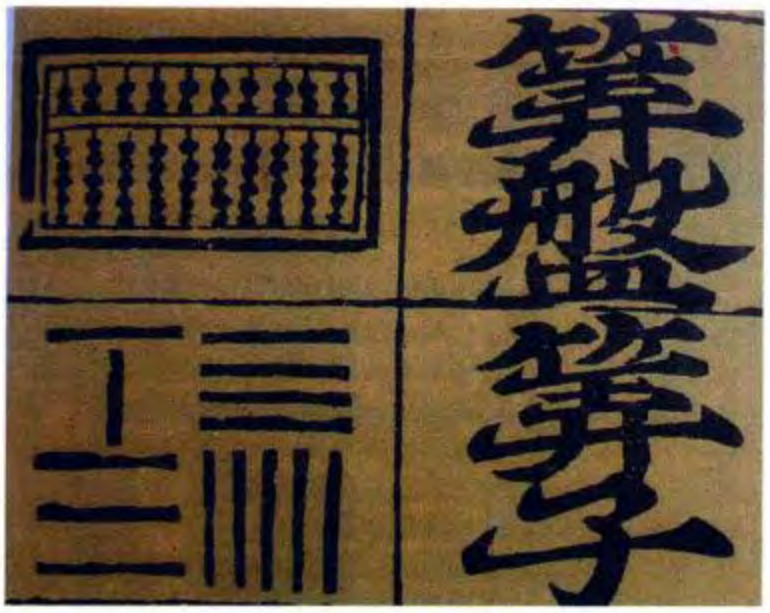
图 4-28　珠算盘

图 4-29　珠算书和程大位

图 4-29（a）是明洪武初年的看图识字读本魁本《对相四言》中载有算盘图和算子（算筹）的书影，说明珠算盘在宋元产生后，在明初仍与算筹并用。图 4-29（b）是明程大位的《算法统宗》（1592）的书影。此书按九数传统分类，以珠算为主要计算工具，适应商业发展的需要设计应用题，并在成书后二三百年间被多次翻刻、改编，对珠算术的普及发挥了极大的作用。图 4-29（c）是程大位画像。程大位（1533～1606），字汝思，号渠宾，休宁（今黄山市）人。书影和造像均采自清康熙间家刻本。

图 4-30　李善兰和尖锥术

图 4-30（a）是清李善兰《方圆阐幽》（1845）中的尖锥术。图 4-30（b）是李善兰《垛积比类》（1867）中的“三角垛表”。图 4-30（c）是李善兰和他的学生们。宋元时期手工业发达，人们需要计算垛成各种堆垛的产品数目，便创造了隙积术，后来称为垛积术，实际上



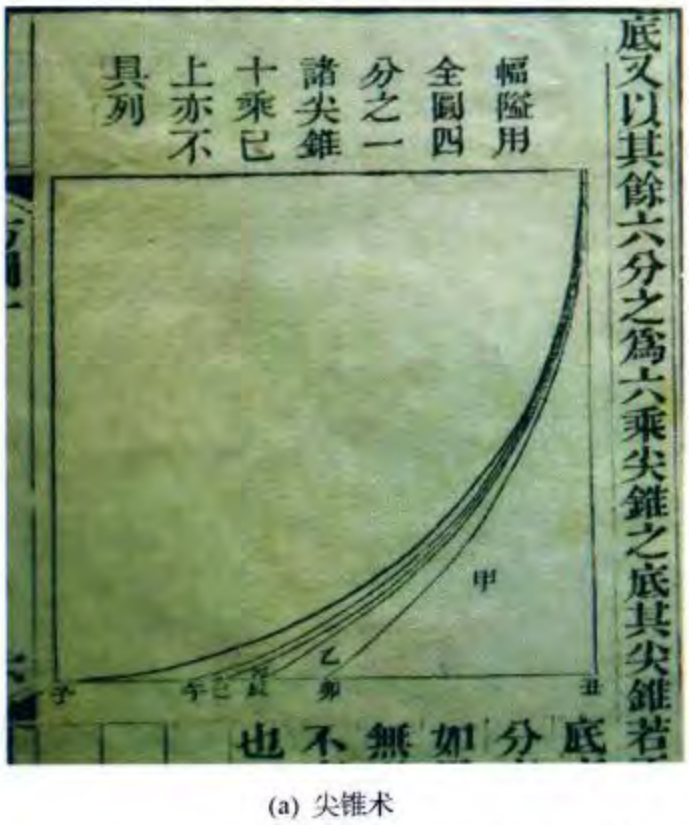
(a) 《对相四言》书影

(b) 《算法统宗》书影(康熙本)

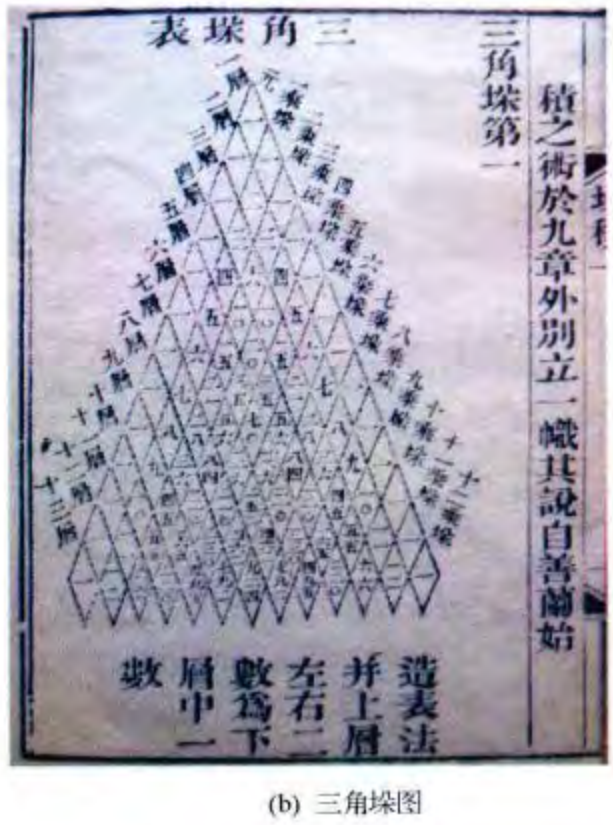
(c) 程大位画像(康熙本)

图 4-29　珠算书和程大位

是高阶等差级数求和法。朱世杰在《算学启蒙》、《四元玉鉴》中使用了三角垛、四角垛、岚峰形垛、三角台垛、四角台垛等各种复杂的垛积公式，并形成了系统。李善兰的《垛积比类》进一步发展了朱世杰的思想，并提出李善兰恒等式。李善兰，浙江海宁人，同文馆算学总教习。1845 年著《方圆阐幽》、《弧矢启秘》、《对数探源》，创造尖锥术，提出了几个相当于定积分的公式，在接触西方微积分知识之前独立地接近了微积分学。1852 年到上海，与传教士合译《代微积拾级》等西方近代数学著作，并创造了许多现在还在使用的数学术语。



(a) 尖锥术



(b) 三角垛图

(c) 李善兰和他的学生们

图 4-30　李善兰和尖锥术

第五章　地　　学

本章收录的有关地学之图，包括风水选址、各类地图、式盘、测风器、测绘仪器、地动仪、书影等，而以地图为主。地图占本章所有图之约77%。其他方面的图数量较少，有的仅几张，甚至一张而已，但它们在地理学史上占有极为重要的位置，有重大的科学价值。如地动仪、测风器，都是地理学史上的重要仪器，对中国古代测报地震、风向和风力都起了重大的历史作用，也是非常重要的科学发明，在当时居世界的前列。

较为系统的地图，反映了中国古代测量与地图学成就。它既有全国性的地图，如《华夷图》、《禹迹图》、《九域守令图》、《广舆图》等。也有地方图（如府州县地图）、宫殿图（如兴庆宫图）、陵寝图（如兆域图）、城市地图（如城邑图、平江图、静江府城图）和驻军图（如马王堆出土的驻军图）。从地图载体来说，有铜版地图、木板地图、纸质地图、帛质地图、石刻地图、雕板印刷地图、手绘绢质地图等。内涵十分丰富，测绘水平也从低到高不断发展，反映了中国古代地图学的发展历程。更加重要的是，它不仅反映了中国古代传统地图学的发展历程，而且反映了中外地图学的交流，反映了中国人民虚心向外国优秀文化学习，吸取其精华，提高自己的地图学水平。如明朝万历年间，引进利玛窦（1552～1610）的世界地图；清朝康熙、乾隆年间，大胆引进西方先进的测绘技术，使中国传统地图学得到改造和提高，赶上世界先进水平，最终与世界地图学融合、接轨。这是一种宝贵的发展科学技术的经验，值得借鉴。

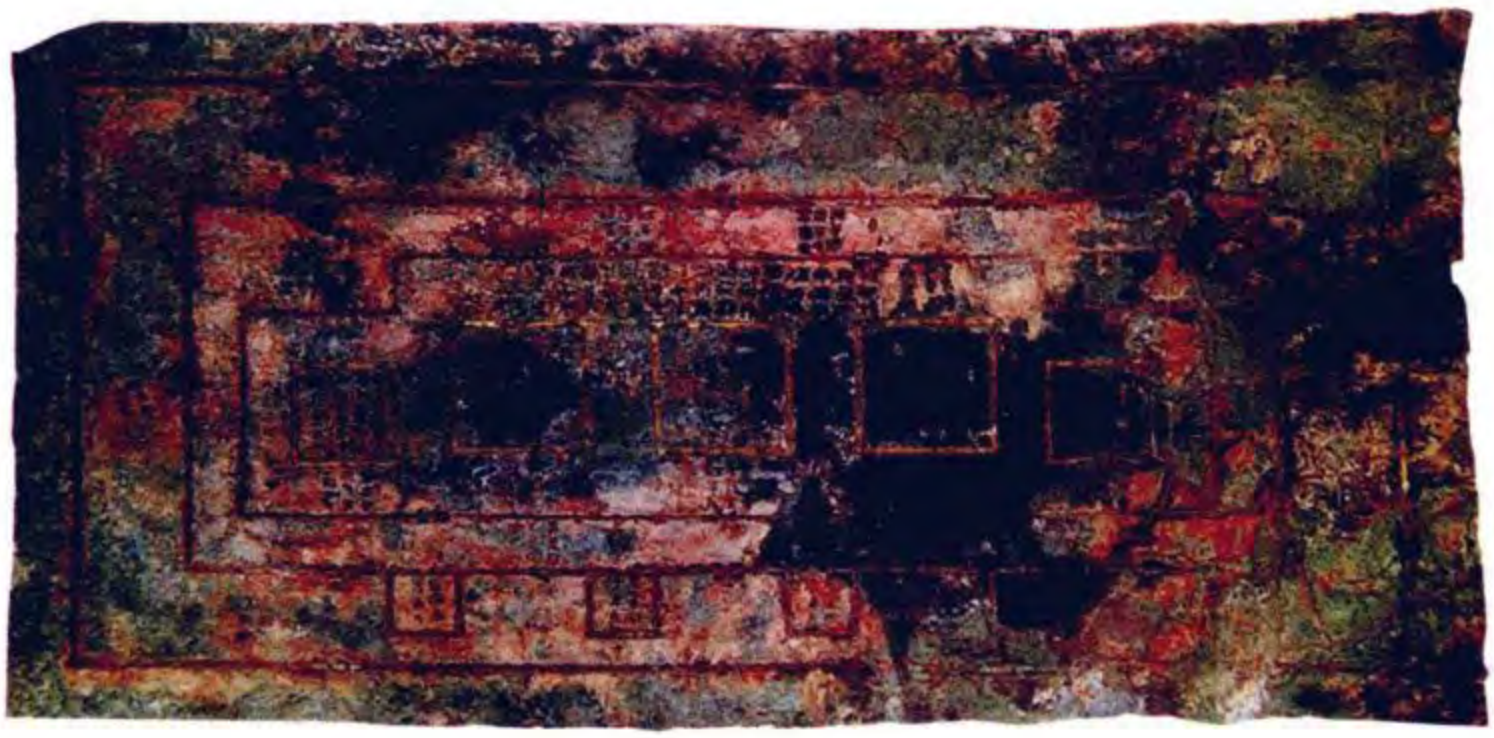
图 5-1　太保相宅图

此图出自清代《钦定书经图说·召诰》中，图幅长18厘米，宽11.2厘米。反映周代堪舆家太保选择住宅基地的情况。但图中使用磁罗盘的事，与周代的实际情况不符，是一种年代学上的错误。中国古代最早的地理知识与风水（堪舆）紧密相连，是这幅图的意义所在。

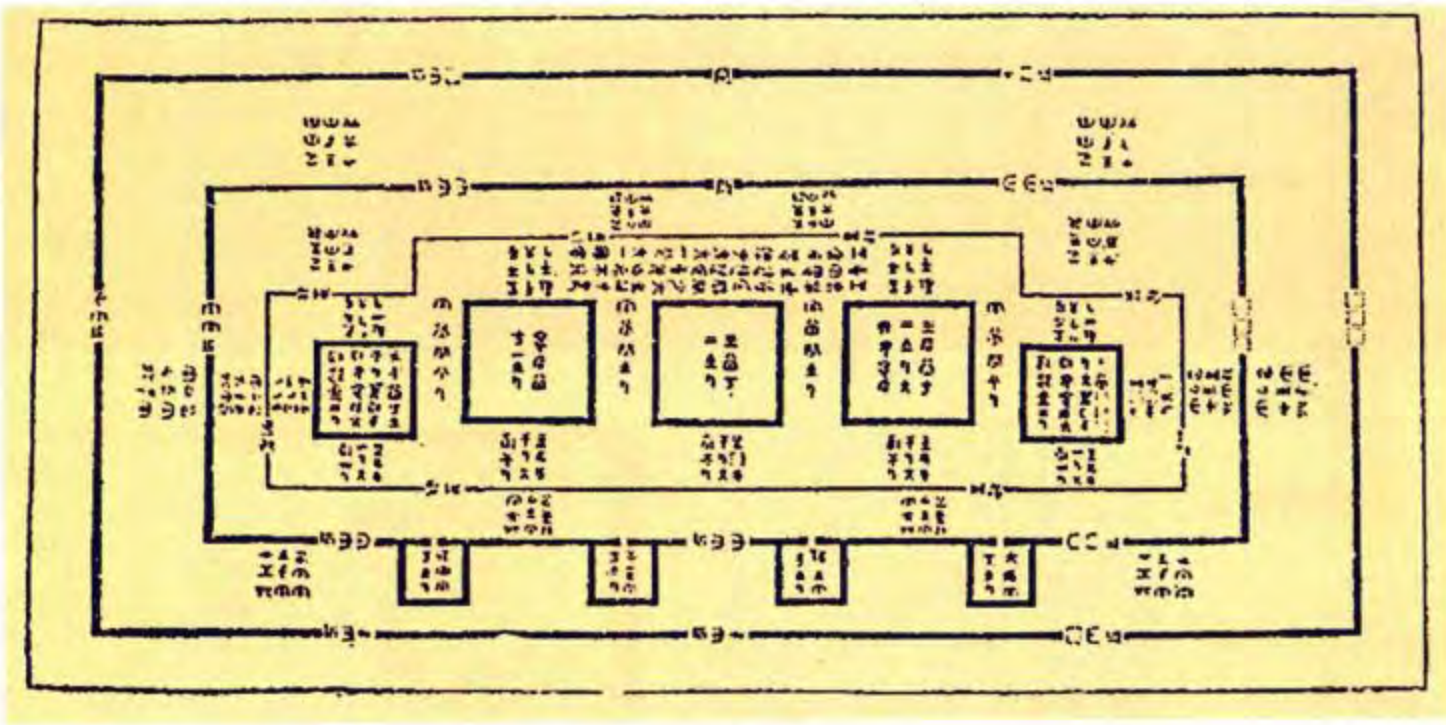
图 5-2　《兆域图》

1978年河北省平山县中山王譽墓出土的《兆域图》，是刻在一块长94厘米，宽48厘米，厚约1厘米的铜版上，为墓域建筑规划平面图。按1∶500的比例尺绘制，方位上南下北。距今2200多年。反映了中国早期地图的面貌。今藏中国国家博物馆。

图 5-1　太保相宅图



(a) 战国铜版《兆域图》



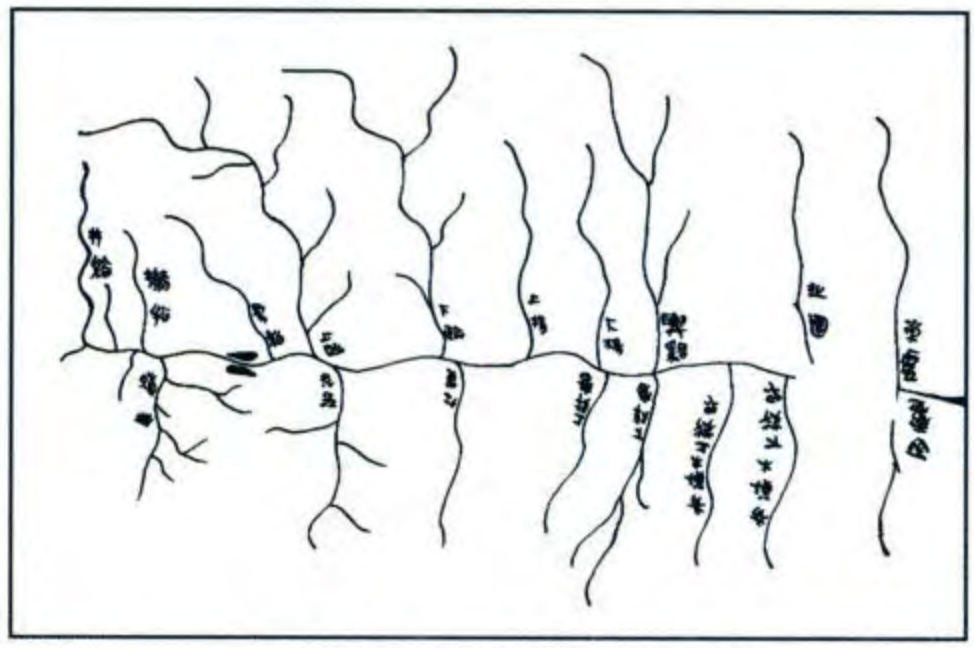
(b) 《兆域图》复原图

图 5-2　《兆域图》

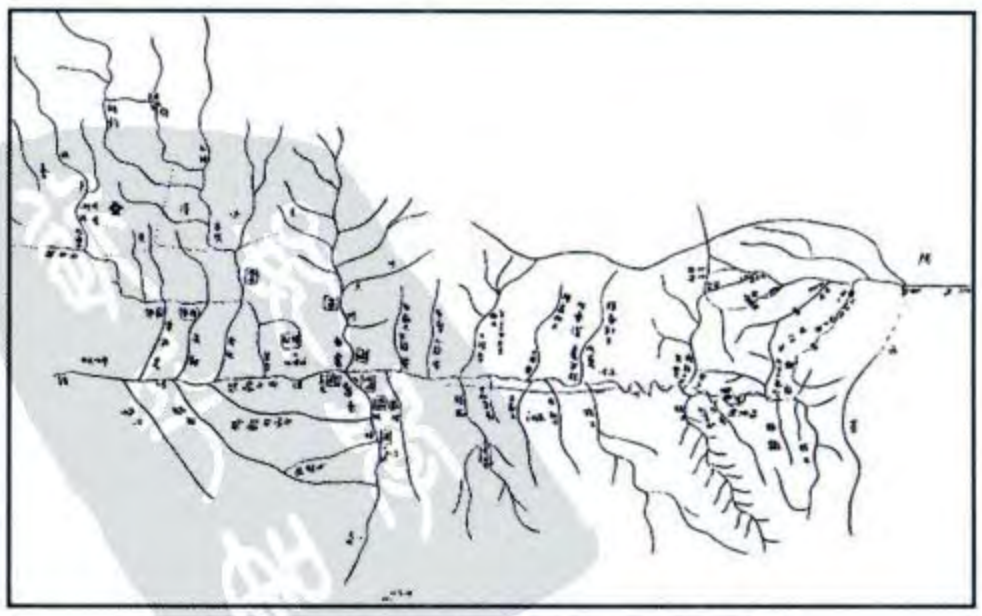
图 5-3　放马滩一号秦墓木板地图

1986 年甘肃天水放马滩一号秦墓，出土了 7 幅分别绘在 4 块大小相当，长约 27 厘米、宽 17 厘米、厚 1 厘米的松木板的两面。除一幅图只绘线条、无文字外，其余六幅都有文字注记。图的内容为放马滩附近地区的河流、山脉、居民点、道路、关隘等［图 5-3（b）、(c)］。地图方位为上北下南，但比例尺不够精审。不过战国末年能有如此内容丰富，制图水平也比较出色的地图，实属罕见。今藏甘肃省博物馆。

(a) 放马滩一号秦墓出土的木板地图



(b) 放马滩一号秦墓出土的木板地图描摹图

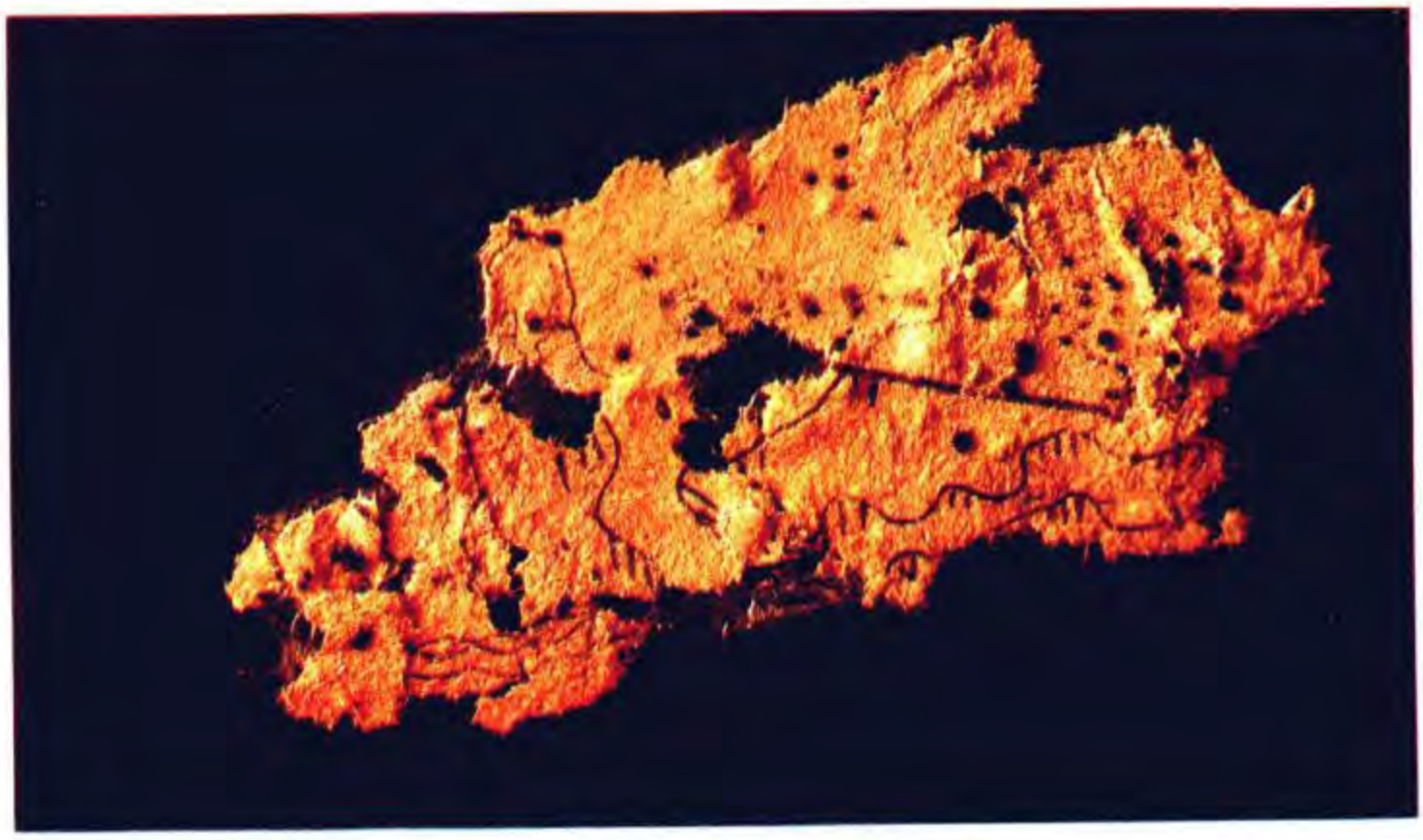


(c) 放马滩一号秦墓出土的七幅木板地图拼接复原全图

图 5-3　放马滩一号秦墓木板地图

图 5-4　放马滩五号西汉墓纸质地图

1986 年甘肃天水放马滩五号西汉墓出土一幅纸质地图，图上仅素绘山脉、河流［图 5-4 (a)、(b)］。但它是绘在纸上的唯一一幅西汉地图，自然十分珍贵。今藏甘肃省博物馆。



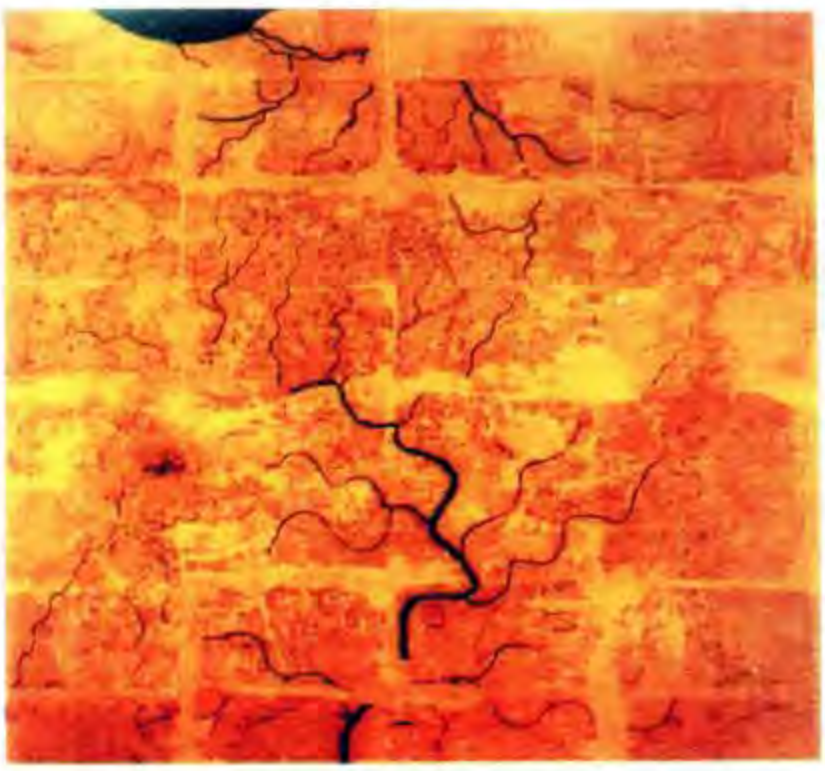
(a) 放马滩五号西汉墓出土的纸质地图

(b) 放马滩五号西汉墓出土的纸质地图描摹图

图 5-4　放马滩五号西汉墓纸质地图

图 5-5　西汉马王堆地形图

1973 年长沙马王堆三号西汉墓出土了三幅帛质地图，其中之一是地形图，它是在边长 96 厘米的正方形帛上绘制的黑白地图。方位上南下北，主区为今湖南潇水中上游流域，比例尺约为 1∶100 000［图 5-5（a）、（b）］。主区较邻区绘得详细、准确，是在实测基础上绘制的，突出了地貌和水系。此外还有道路、居民点。它代表了西汉地图测绘技术和符号设计水平，比秦代地图有了显著进步。今藏中国国家博物馆。



(a) 西汉马王堆地形图

(b) 西汉马王堆地形图复原图

图 5-5　西汉马王堆地形图

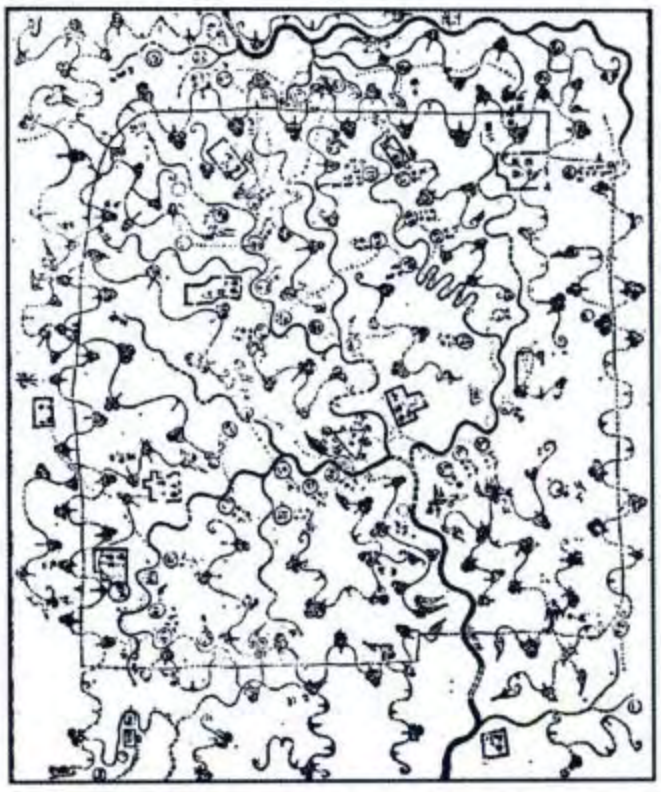
图 5-6　西汉马王堆驻军图和城邑图

1973 年长沙马王堆三号西汉墓出土。驻军图长 98 厘米、宽 78 厘米，用黑、朱红、田青三色绘制在帛上，方位上南下北，比例尺约 1∶50 000，主区是潇水流域。图上除山脉、河流、道路及居民点外，着重表现了 9 支驻军的布防、防区界线、指挥城堡等。它是目前世界上发现最早的彩色军事地图。城邑图因为残破严重，只依稀可看出绘有建筑物，如城垣、城门、街道、宫殿等，为无文字的彩色城市图。今藏中国国家博物馆。

图 5-7　东汉式盘

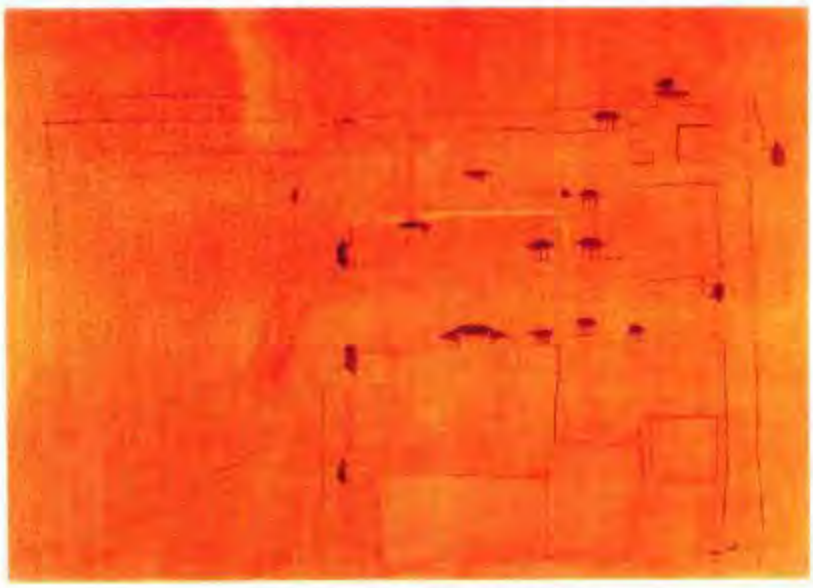
东汉式盘，现藏中国国家博物馆，正方形，边长 14.3 厘米，厚 0.6 厘米，数术用具［图 5-7（a）、（b）］。盘中心为圆形凹下天池，池外饰四乳针，有天干、地支、二十八宿三层浮雕，自里向外排列。地支层内浮雕十二生肖和楼阁人物。盘四角为天、地、人、鬼四门。此盘为地盘，还应有圆形天盘与之相配。甘肃省博物馆还藏有东汉褐漆式盘，虽然是数术工具，但与后来地理学上测定方向的磁罗盘有密切关系。

(a) 西汉马王堆驻军图



(b) 西汉马王堆驻军图复原图

(c) 西汉马王堆城邑图



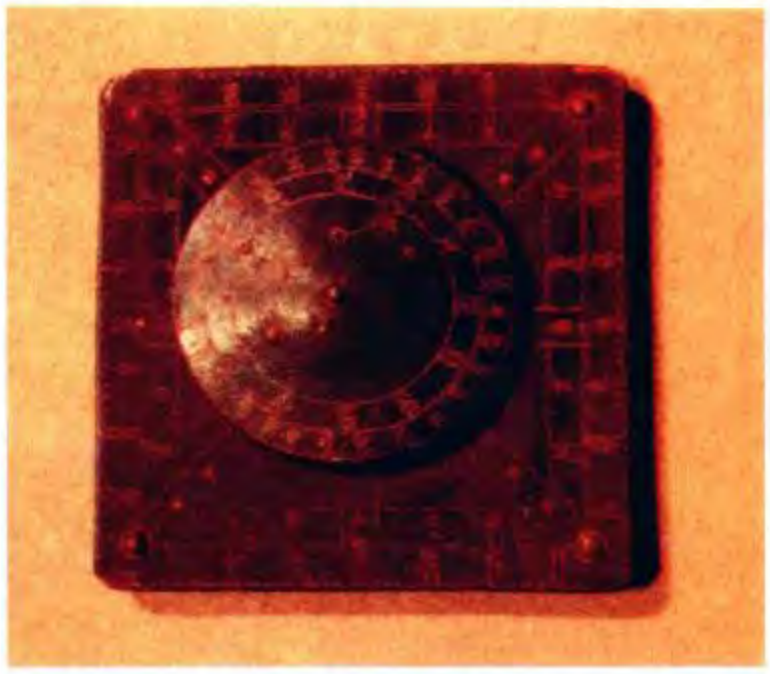
(d) 西汉马王堆城邑图复原图

图 5-6 西汉马王堆驻军图和城邑图

图 5-8 东汉测风器

1971 年河北安平县东汉墓发现壁画，壁画中画有测风器，它位于壁画中瞭望楼上，在旗杆顶端有一黑、红、黄、灰四色飘动鸟形旗帜，头向着风的方向。旗帜前端裹着一根横杆，横杆两端和中部连在鸟身上，这样风吹旗飘，鸟随风转。这种鸟形旗帜即是“相风鸟”，是东汉的测风器，用来辨别风向并测风力。在唐朝《开元占经》中也画有一相风鸟（或乌），其形状与东汉的测风器略有区别。

(a) 东汉青铜式盘

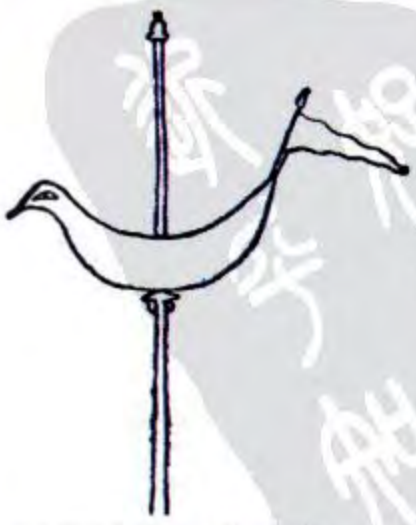


(b) 东汉褐漆式盘

图 5-7　东汉式盘

(a) 东汉墓壁画中的测风器

(b) 测风器复原图



(c) 唐《开元占经》中的相风鸟

图 5-8　东汉测风器

图 5-9　东汉地动仪模型

东汉地动仪是张衡（78～139）于公元 132 年发明创造的，它的内部结构和外部形状在《后汉书·张衡传》中有记载。自 19 世纪 70 年代起，就有中外学者研究候风地动仪复原问题。我国学者王振铎自 1936 年起研究地动仪的复原，经过几十年的努力，终于在 1959 年将他研制的复原张衡地动仪模型摆放在中国历史博物馆（今中国国家博物馆）中。张衡的地动仪是人类历史上第一台测报地震的仪器，它比西方第一台现代地震仪的出现早了 1500 多年。

图 5-9　东汉地动仪模型

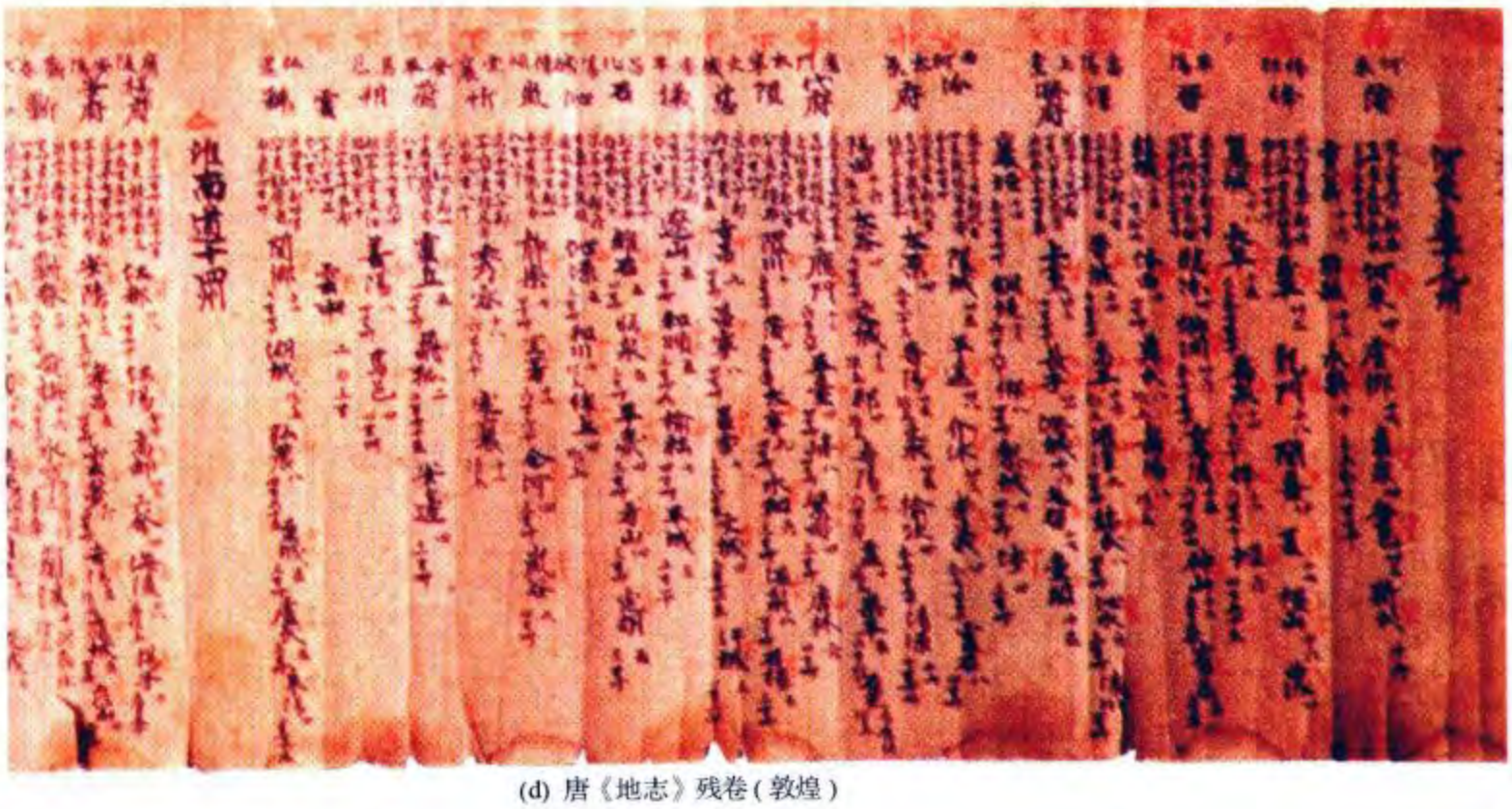
图 5-10　唐《地志》和《占云气书》

唐《地志》和《占云气书》写本，出于莫高窟藏经洞，现藏敦煌市博物馆。《地志》首尾俱残，残长 277 厘米，宽 31 厘米，由 7 张麻纸粘连成卷并经过染黄（防虫），现存 160 行。所记郡（州府）共 138 个，县 641 个，占当时中国郡县总数的 40%以上。残卷背面，前绘紫微垣星图，后写《占云气书》1 卷，均以彩笔绘出云气图形，下注墨书释文。以云气之颜色与形状，推测用兵之进退与成败，是一种占卜术。卷末有图无文，是一件未完成的钞本。

(a) 地志 1

(b) 地志 2

(c) 地志 3



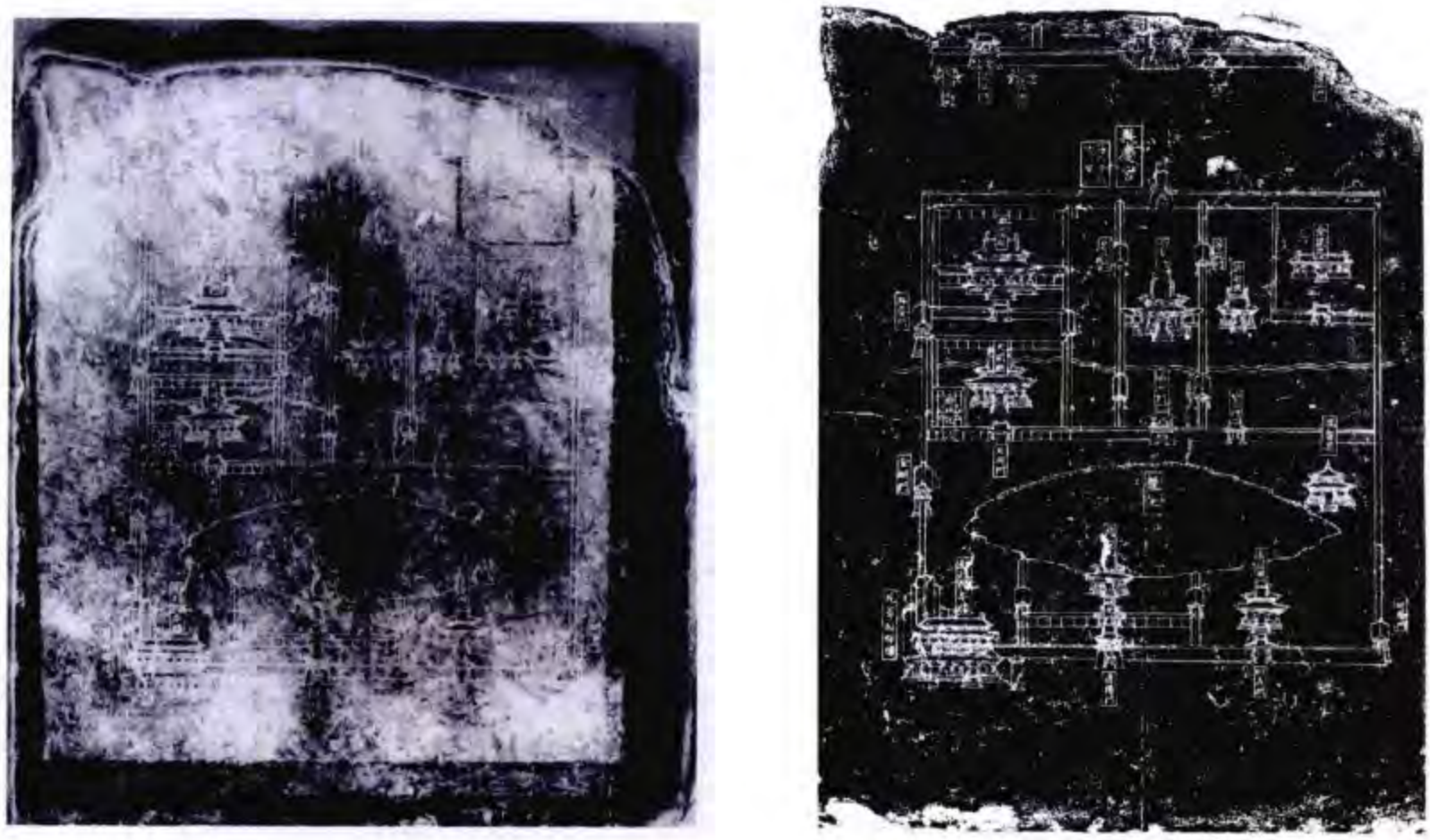
(d) 唐《地志》残卷(敦煌)

(e) 占云气书

图 5-10 唐《地志》和《占云气书》

图 5-11 兴庆宫图碑

兴庆宫图碑现藏陕西省博物馆，拓本纵 70 厘米，横 62 厘米，原石已残。宋吕大防于公元 1080 年命刘景阳、吕大临绘制，同年刻碑。图碑内容为兴庆宫宫殿地图，方位是上北下南，左西右东。兴庆宫是唐玄宗李隆基于开元二年（714）将旧邸扩建后更名的宫苑区，他起居、听政其内。其建筑之精美、奢华在太极、大明两宫之上。宫内以隔墙分为北部的宫殿区和南部的园林区。宫殿区内有兴庆殿、大同殿和南熏殿等众多宫殿；园林区内有龙池和勤政务本楼、花萼相辉楼、沉香亭等重要建筑。图碑的比例尺为“六寸折地一里”，约 1∶3000，反映了上述内容。



(a) 兴庆宫图碑　　(b) 兴庆宫图碑拓片

图 5-11　兴庆宫图碑

图 5-12　九域守令图碑

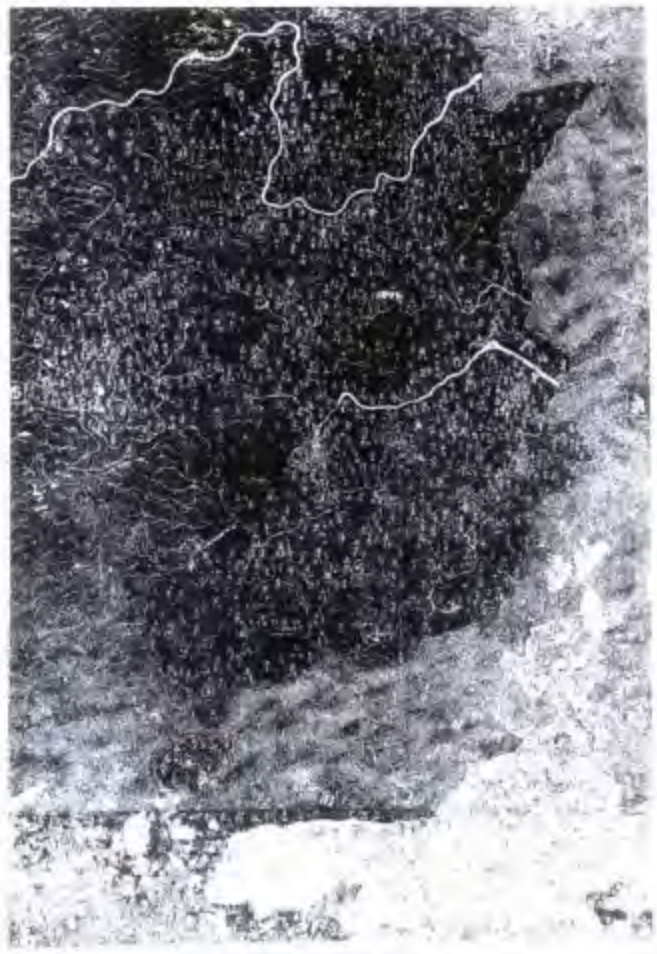
九域守令图碑现藏四川省博物馆。宋宣和三年（1121）上石。图长 130 厘米，宽 100 厘米。比例尺约为 1∶1 900 000，是一幅全国行政区域图。图上共有 1400 多个行政区名，州、县相对位置大体正确。除河套以上的一段黄河河道画得很不准确外，其他江河的平面图形比较准确完整。海岸轮廓接近今图。除符号图例外，还有文字图例。它是我国迄今所见最早以县为基层单位而绘制的全国行政区域图。

图 5-13　禹迹图碑

禹迹图碑现藏西安碑林博物馆，图长、宽各约 77 厘米。曹婉如认为绘制时间在 1081～1094 年。上石时间为 1136 年，比《华夷图》早半年。图上采用计里画方的方法，“每方折地百里”，约合 1∶5 000 000。方位是上北下南，记有古今郡名和山水地名。绘制比较精确，黄河、海岸线轮廓与今图基本相合，是现存最早的石刻计里画方地图。

图 5-14　华夷图碑

华夷图碑现藏西安碑林博物馆。图长、宽各约 77 厘米。绘制时间曹婉如认为约为 1117～1125年。上石时间为 1136 年。图上标有方位，上北下南。绘有河流、湖泊、山岭、长城和州、府等。图四周记周边地区和国家名称，其准确性不及《禹迹图》。此图绘制时参考过唐代贾耽《海内华夷图》。它是一幅以中国为主的亚洲地图。

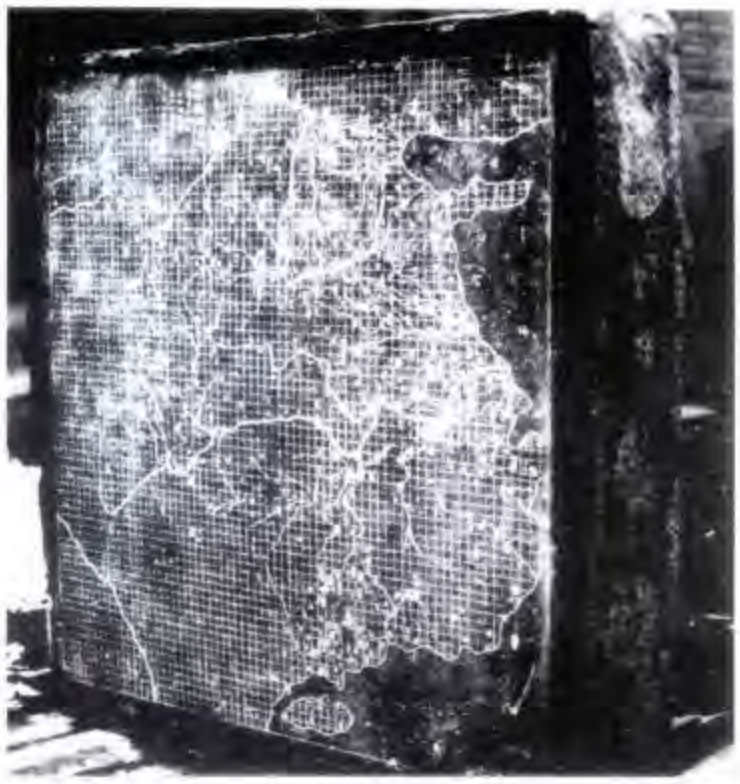


(a) 九域守令图碑拓片

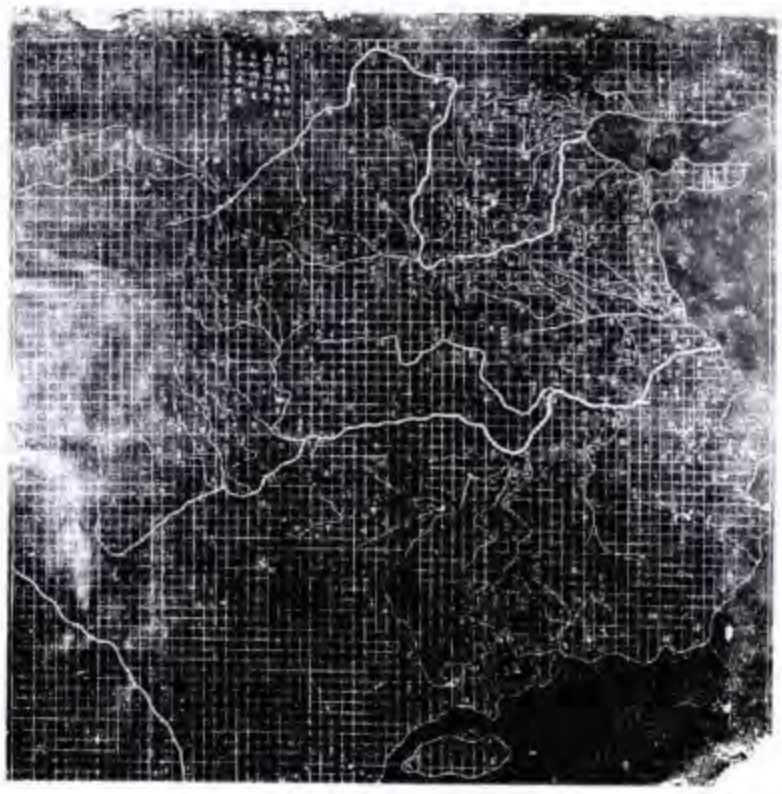
(b) 九域守令图碑描摹图

(c) 九域守令图碑背面拓片

图 5-12 九域守令图碑



(a) 禹迹图刻石



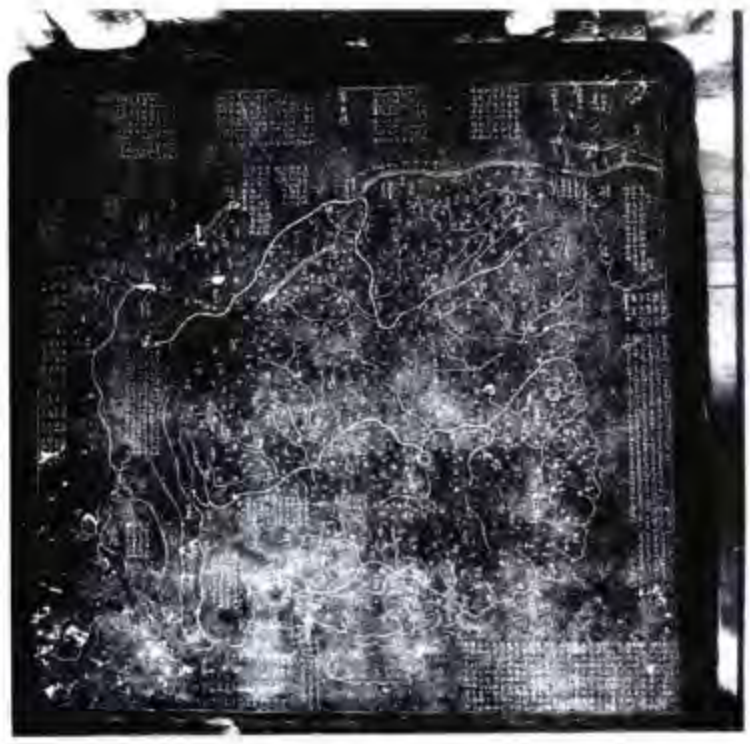
(b) 禹迹图刻石拓片

(c) 禹迹图描摹图

图 5-13　禹迹图碑

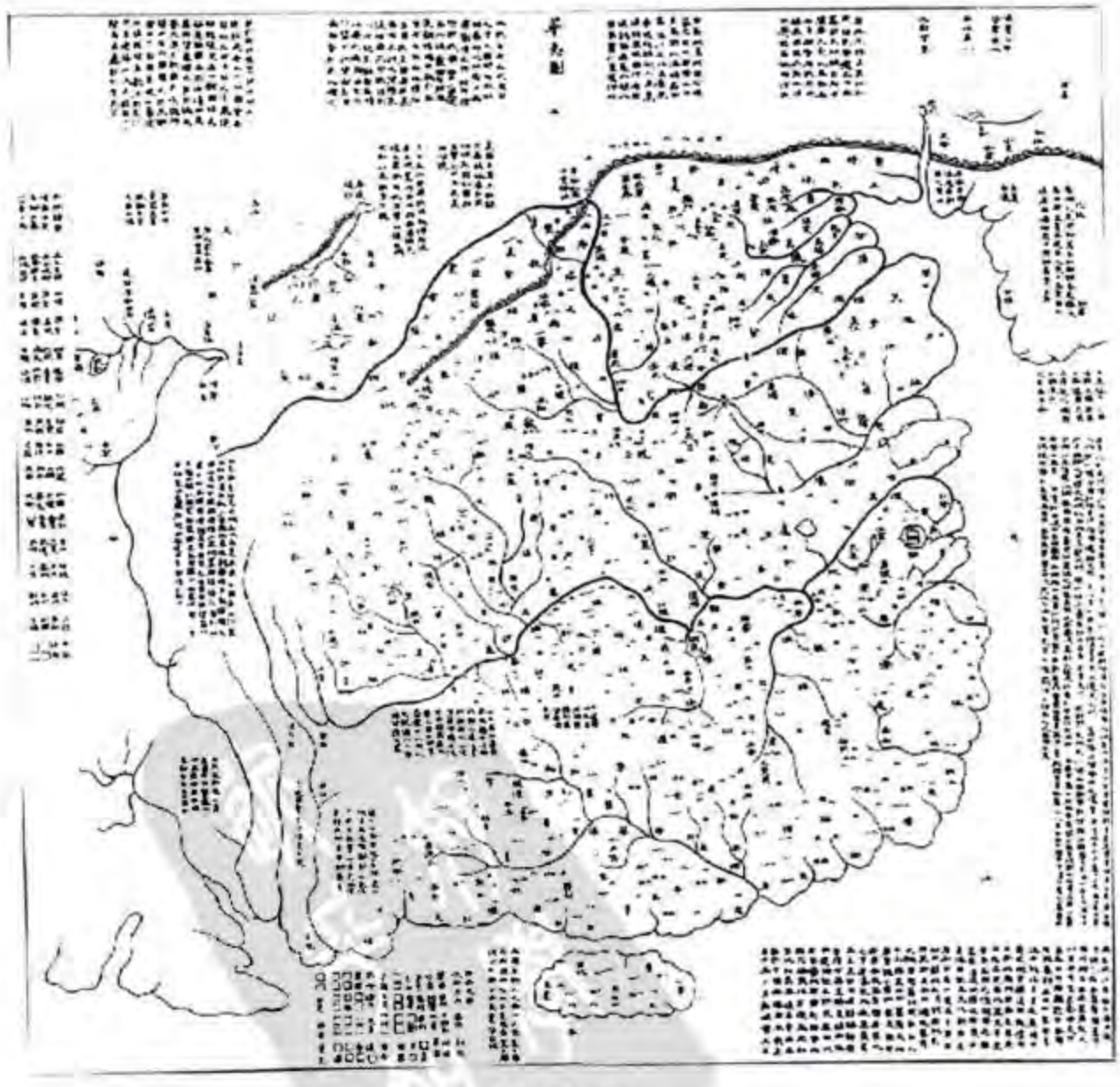
图 5-15　平江图碑

平江图碑现藏苏州市碑刻博物馆，刻石时间是绍定二年（1229）。碑高 2.76 米，宽 1.41 米；图高 1.97 米，宽 1.36 米。具有一定的方位和比例关系。比例尺不很精确，特别是郊区无比例可言。这是一幅平江府（今苏州市）城市地图，图上绘有水体、地貌、植被、城墙、街道、房屋、桥梁、坊巷、军营等。反映了江南水乡城市风貌。宫室设在全城最佳位置。人工开凿的河道，构成了城市与市郊的水路交通网。



(a) 华夷图刻石

(b) 华夷图拓片

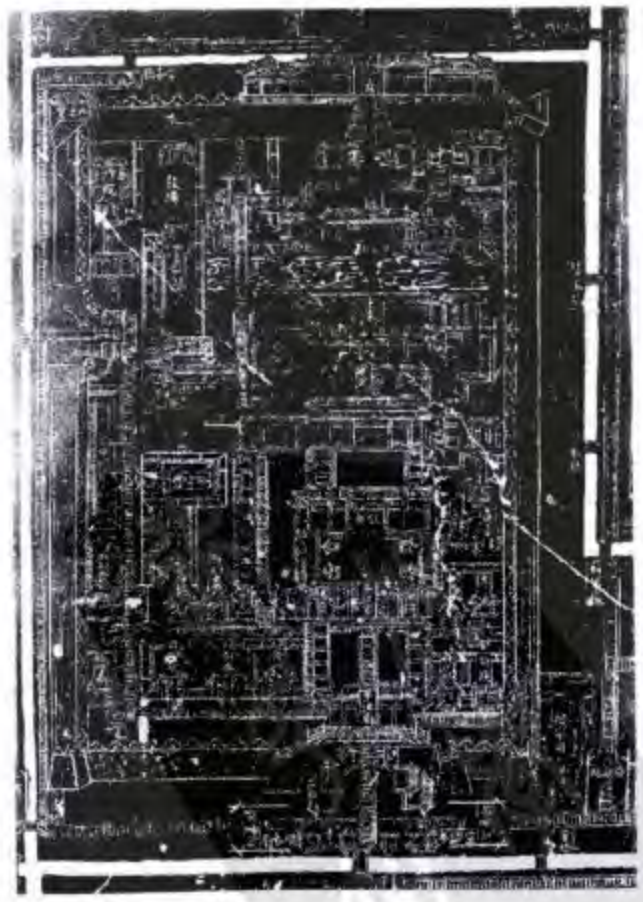


(c) 华夷图墨线图

图 5.14　华夷图碑

(a) 平江图碑

(b) 平江图碑拓片



(c) 平江图局部

图 5-15　平江图碑

图 5-16　地理图碑

地理图碑现藏苏州博物馆，黄裳于 1189～1190 年间绘制，王致远于 1247 年刻石。图高 221 厘米，宽约 106 厘米。所绘江河、海岸轮廓大体正确。用符号表示山上茂密的森林和长城。标注名称的山脉 120 多座，江河 60 多条，行政区名共有 410 个左右。内容比较丰富，但并不显得杂乱，而是比较清晰。

(a) 地理图碑（苏州博物馆）

(b) 地理图复原图

图 5-16　地理图碑

图 5-17　静江府（今桂林市）城图

静江府城图，南宋石刻城市地图。图高 340 厘米，宽 300 厘米。1270 年静江府经略胡颖绘，刻于桂林市北鹦鹉山南麓石崖上。图上方位为上北下南；比例尺约为 1∶1000。所绘军事设施占全图地物 69%左右。图上端刻有《修静江府城图记》，详细记载了四任经略修筑城池的具体经过。而章时龙的《静江府修筑城池记》则介绍了修城和绘图的情况。此图是已发现的古代最大石刻城市地图。

(a) 静江府城图拓片

(b) 静江府城图增补后的墨线图

图 5-17　静江府（今桂林市）城图

图 5-18　杨子器跋舆地图（局部）

《杨子器跋舆地图》现藏辽宁大连旅顺博物馆。因有杨子器的跋而取名。图用颜色清绘，

但因年代久远，颜色不清楚了。图长 164 厘米，宽 180 厘米。它是从原图复制，复制时间为 1512～1513 年。比例尺约 1∶1 760 000。海岸线、各行政区的相对位置基本正确。用不同符号表示行政区的级别高低。图例符号共有 20 余种，它是根据朱思本的《舆地图》而绘制的。

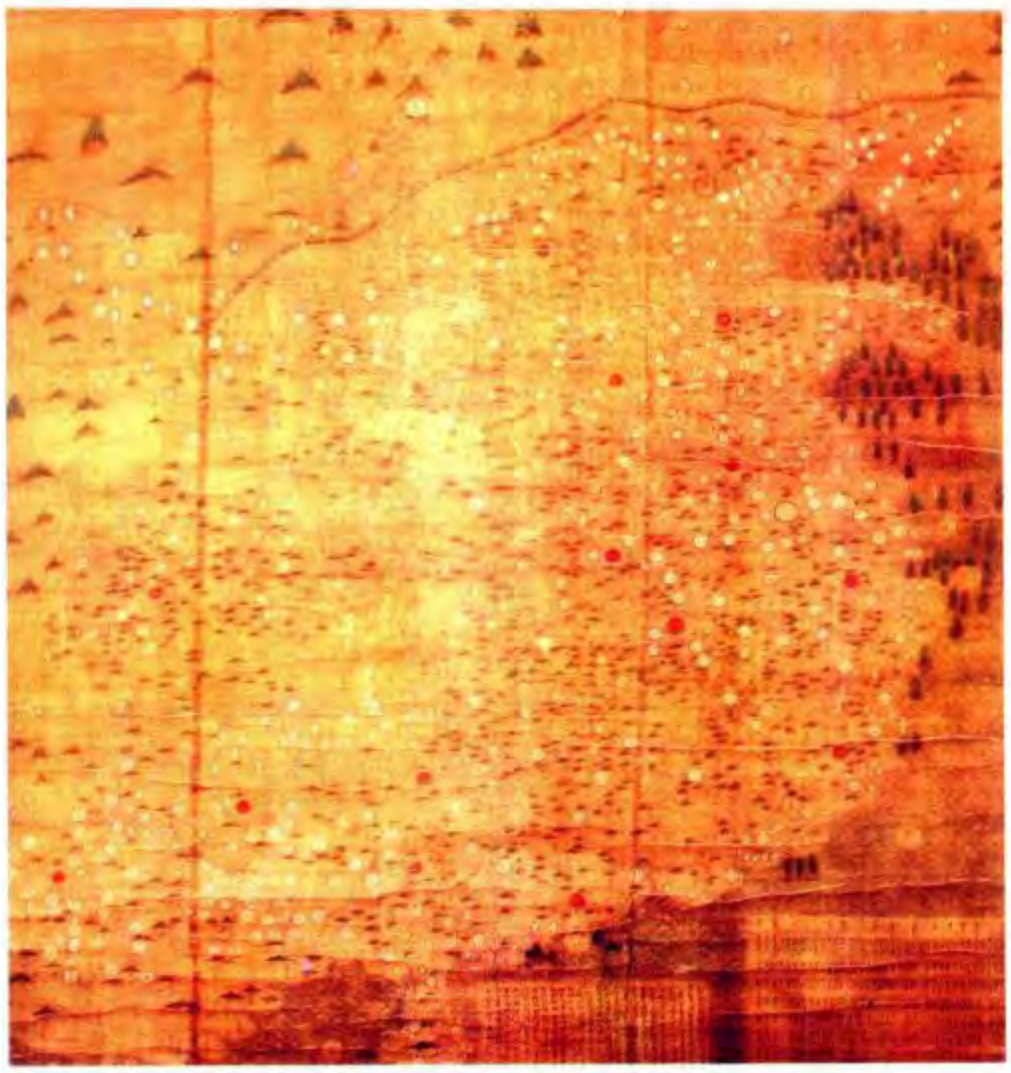


图 5-18　杨子器跋舆地图（局部）

图 5-19　《广舆图》之《舆地总图》

《广舆图》是明代罗洪先于 1541 年前后用画方的方法把朱思本的《舆地图》简缩为 44 幅小图的地图册。它既有根据《舆地图》改绘的地图，也有罗洪先增广的地图，因此，《广舆图》包括的区域范围比《舆地图》广大。此图册于 1555 年刊行。《舆地总图》只是《广舆图》中 44 幅图之一，是当时全国疆域图。现藏中国国家图书馆。

图 5-20　明代绢本《南京府县地图册》

明代绢本《南京府县地图册》，现藏镇江博物馆。图册共有地图 52 幅，绘录的地理范围为当时南京的部分府、州、县、镇，绘制精良。绢底、设色彩绘。每幅皆附图说，亦为绢质，楷体墨书。图宽 51 厘米，高 31 厘米，图说宽 51 厘米，高 29～30 厘米。相应的图和图说合裱为对折的册页，以“虎皮宣”纸托边，共 54 幅合页，分装成两册。图用色多至 10 余种，不同的色彩代表特定的事物。成图年代约为万历二十二至二十六年（1594～1598），它是立体形象式地图，比例恰当，描绘精确，艺术水平较高。其作者可能是王士性。这是其中之一的《淮安府》。

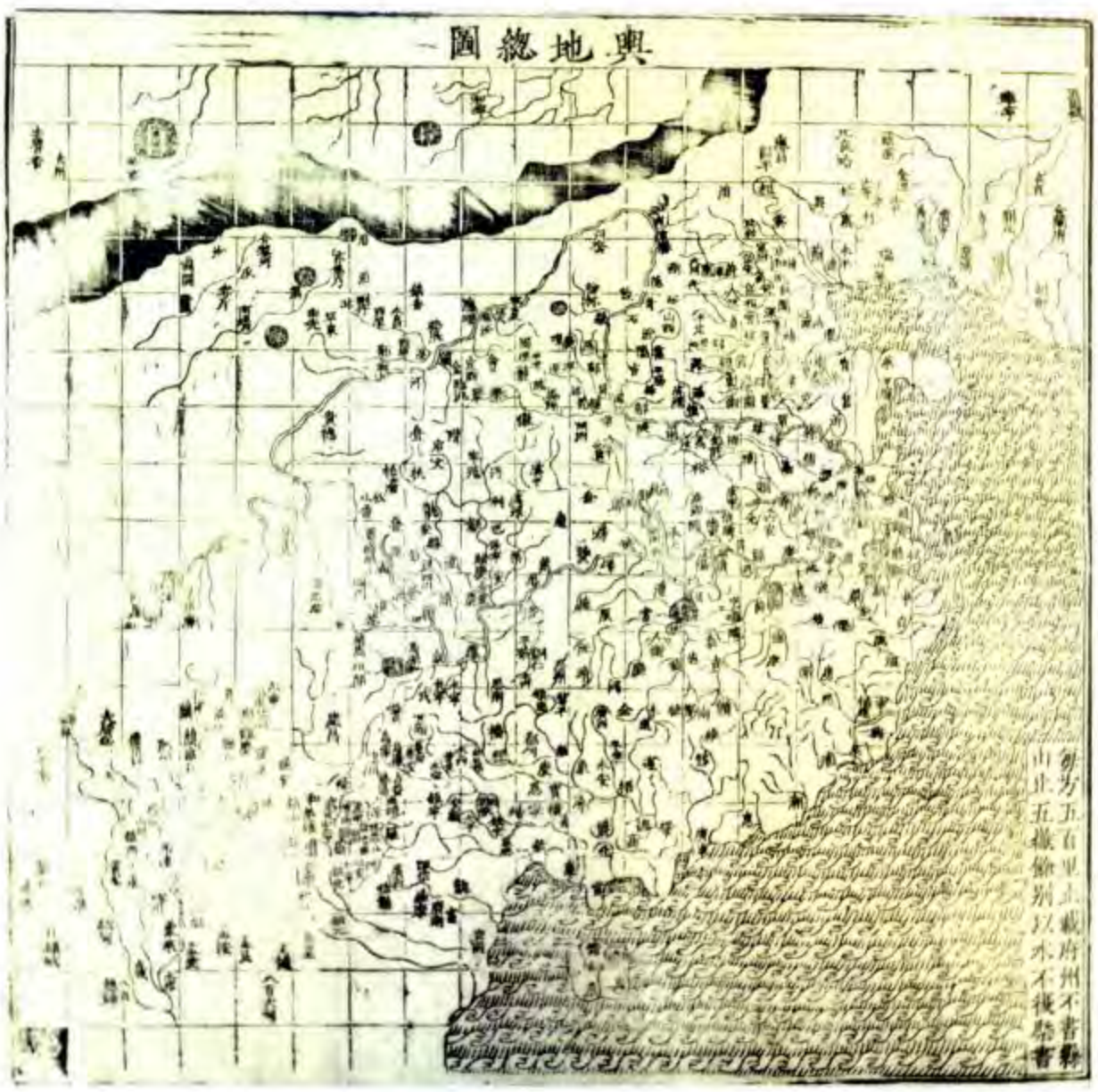


图 5-19　《广輿图》之《輿地总图》

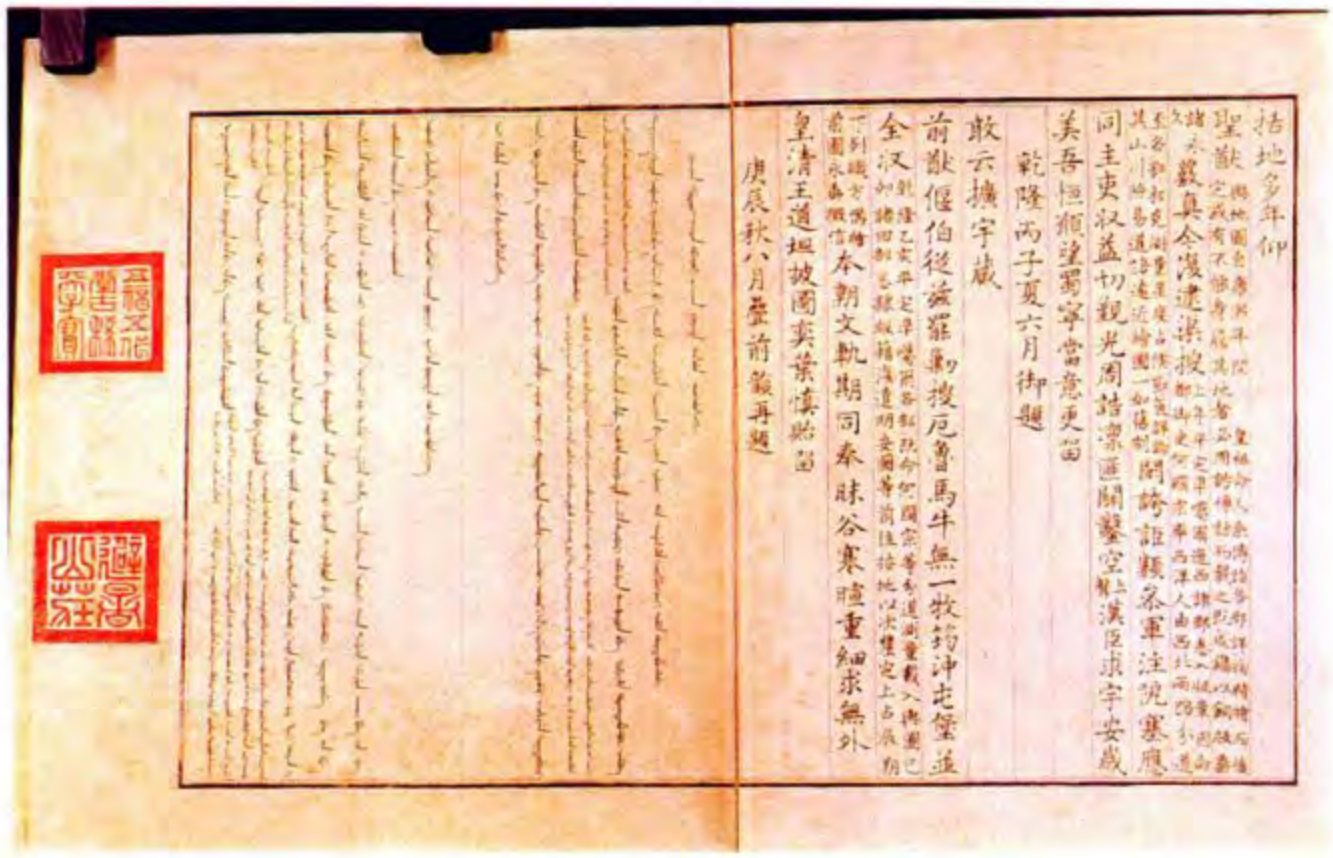
图 5-21　《皇輿全览图》

《皇輿全览图》亦称《满汉合壁清内府一统輿地秘图》。1707～1717 年，康熙命传教士雷孝思、杜德美等进行了全国范围的大地测量。各省地图测绘之后，由杜德美总其成，编绘全国地图，于 1718 年完成，定名为《皇輿全览图》。此图以经过北京的经线为本初子午线，采用桑逊投影，按 1∶(400 000～1 500 000) 比例尺绘制。全图由 28 幅分图拼接组成。其中，满洲 5 幅，蒙古 3 幅，关内 15 幅，黄河上游 1 幅，长江上游 1 幅，雅鲁藏布江流域 1 幅，哈密以东 1 幅，高丽 1 幅。内地用汉字注地名，山海关外、东北、西北及边远地方均用满文注记，是当时世界上最先进的实测地图。后来，雍正朝和乾隆朝在此图基础上完成了《雍正十排全图》和《乾隆皇輿全图》。

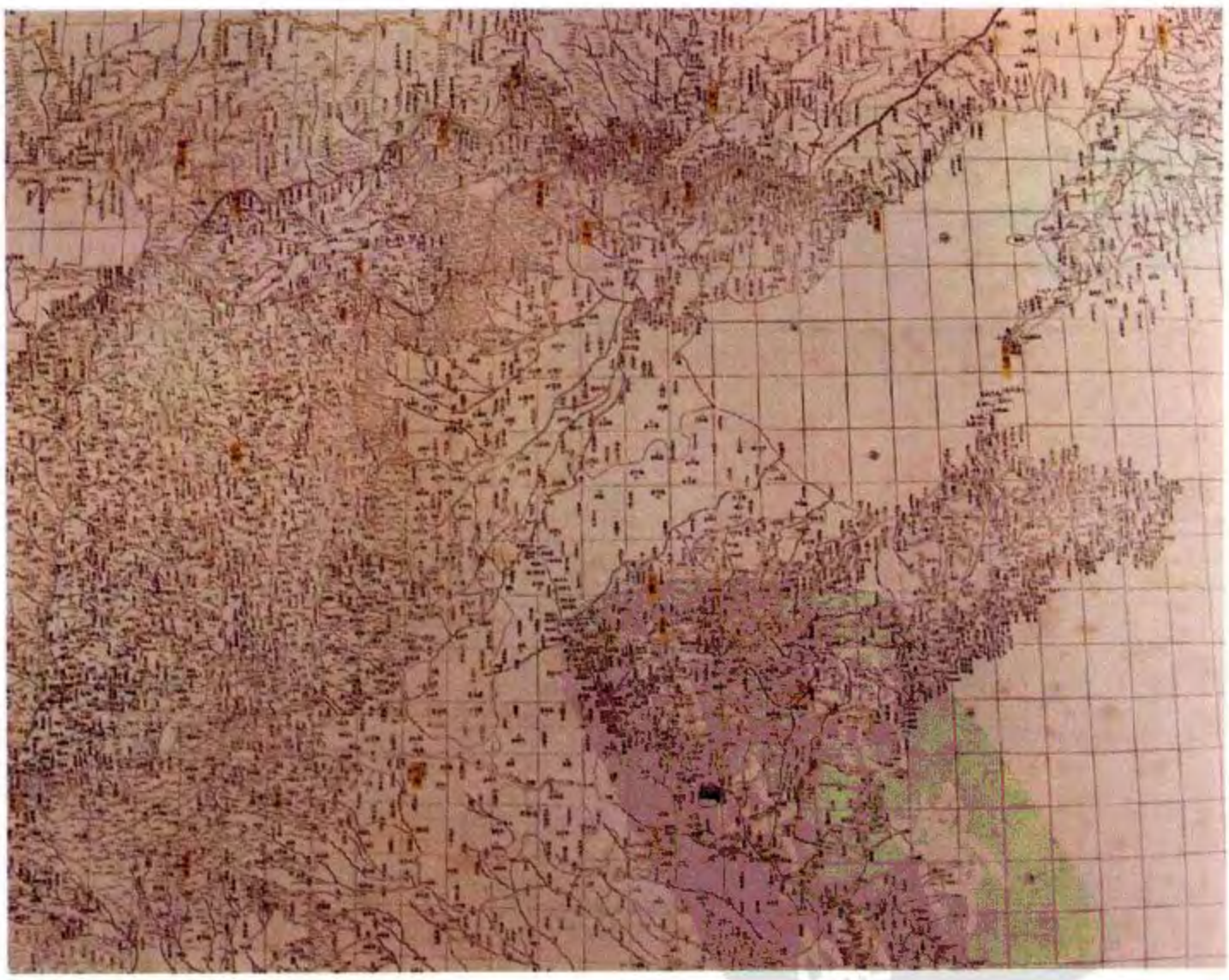
图 5-22　《乾隆内府輿图》(铜版)

《乾隆内府輿图》是乾隆年间（1736～1795）在康熙《皇輿全览图》的基础上修订补充而成的全国地图，又称《乾隆皇輿全图》。公元 1760～1770 年，蒋友仁将《乾隆内府輿图》制成铜版 104 块，以纬度每隔 5 度为一排，共分 13 排，故又名《乾隆十三排图》。这是其中的一块，长 76 厘米，宽 45.8 厘米，厚 1 厘米。现藏故宫博物院。1932 年由故宫博物院印行。

图 5-20　明代绢本《南京府县地图册》之一



(a)《皇舆全览图·内府刻本序》



(b)《皇舆全览图》局部

图 5-21　《皇舆全览图》

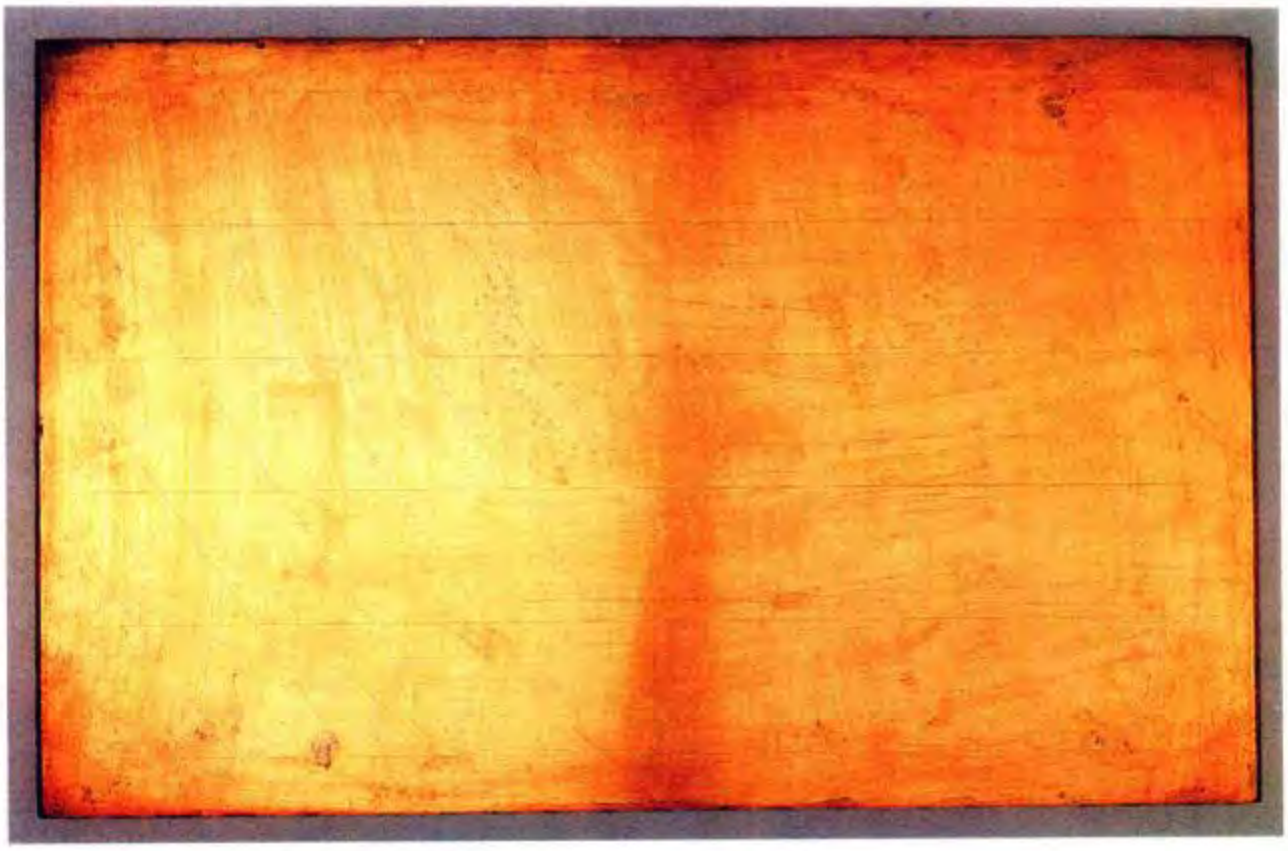


图 5-22 《乾隆内府舆图》铜版之一

图 5-23 邹伯奇绘《皇舆全图总图》

邹伯奇绘《皇舆全图》，成于道光二十四年（1844），同治十三年（1874）刻本，为书本式，共有地图 67 幅，此为总图，是等面积伪圆锥投影。地域东起额里野河（今俄罗斯萨哈林岛上），西达哈喇库尔泊（今喀什城以西），北至外兴安岭（今俄罗斯塔诺夫山脉），南抵崖州（今海南省崖县）。《皇舆全图》是中国人自己较早采用投影方法绘制的全国政区图。

图 5-23 邹伯奇绘《皇舆全图总图》

图 5-24　清代测绘仪器

图 5-24（a～d）是现藏故宫博物院的清代测绘仪器。

a. 康熙黄云缎盒绘图仪器。盒长 18 厘米，宽 8.5 厘米，厚 3 厘米。盒内装有象牙计算尺，铜镀金比例规、半圆规、鸭嘴笔等。当年宫廷拥有这类绘图仪器，数量不少。此件已排到第17 号。

b. 康熙黑漆盒绘图仪器。盒长 25.5 厘米，宽 22 厘米，厚 5.5 厘米。盒分上下两层，内装绘图仪器 30 余件。其中，各种大小画规长约 15 厘米；圆规尺长 11 厘米；比例尺长 16.5 厘米，宽 4 厘米；另有距尺、直尺和可折合成三角的测角尺等。还有三角形铜镀金支架和水盛。

c. 康熙木盒套 15 件绘图仪器。盒长 17 厘米，宽 7 厘米。盒内装象牙计算尺、折叠角尺、画规、玳瑁柄放大镜、剪子、火镰等 15 件。

d. 康熙三角形测量仪。长 25.5 厘米，这是一件由三根直尺构成并可调节角度的三角形仪器。其中，最长的直尺刻 0～300 度，两端各有一立耳瞄准器。另外两尺等长，由一个带立耳的枢纽相连，其刻度均为 0～150 度，在两尺的端点也各有一立耳瞄准器。

(a) 康熙黄云缎盒绘图仪器

(b) 康熙黑漆盒绘图仪器

(c) 康熙木盒套 15 件绘图仪器

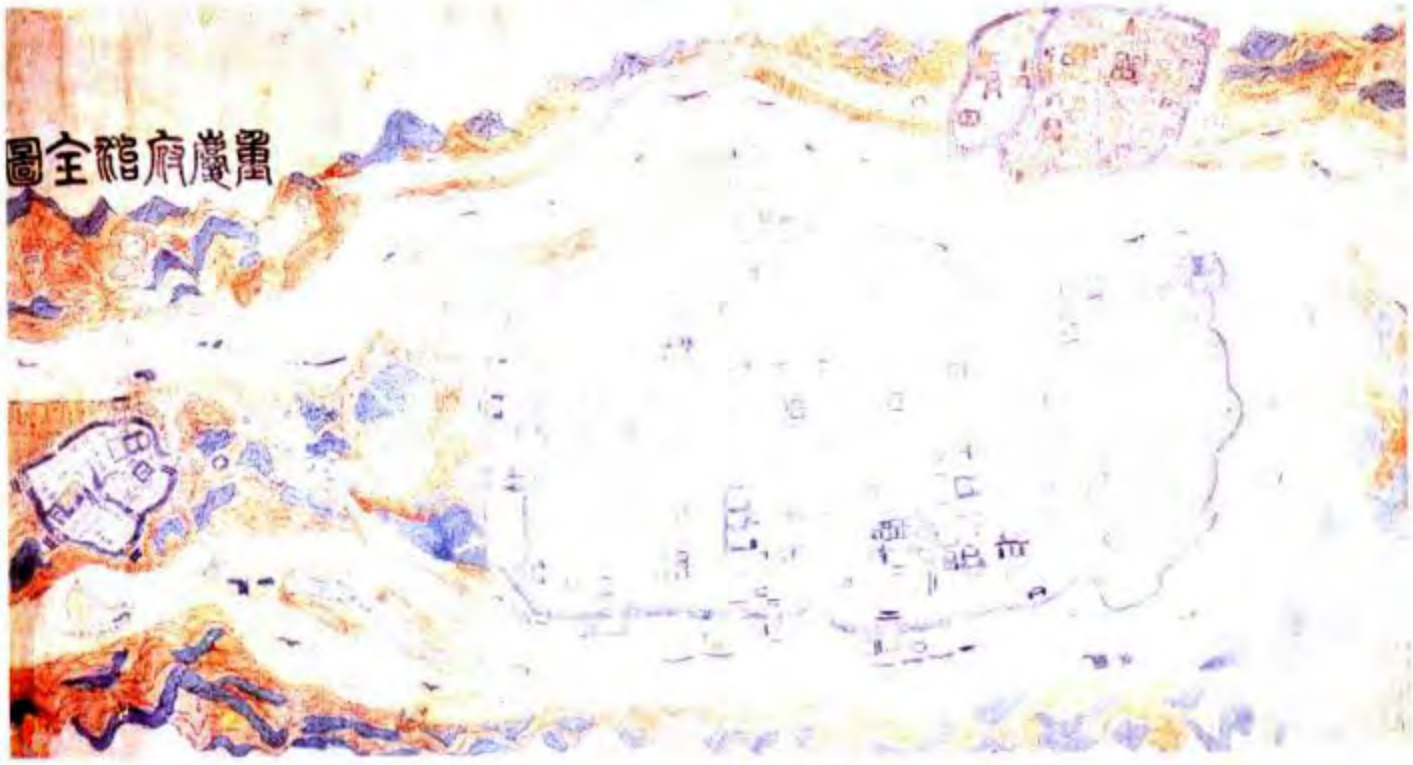
(d) 康熙三角形测量仪

图 5-24　清代测绘仪器

图 5-25　国璋《重庆府治全图》

现存清末重庆府治图共 3 种，即国璋主持测绘的《重庆府治全图》、张云轩绘制的《重

庆府治全图》和刘子如绘制的《增广重庆地舆全图》。此三图均无图例，亦不注比例，大小基本相同。经测算，比例尺约为 1∶4000，方位上北下南。绘出了长江和嘉陵江汇合处所形成的半岛及两江的流向。街道以半岛上的重庆旧城为主。国璋《重庆府治全图》纵 85 厘米，横 148.5 厘米，墨印。光绪十二年（1886）绘制，现藏中国国家图书馆善本部。张云轩《重庆府治全图》纵 77.5 厘米，横 145 厘米，木刻，着色，绘于公元 1886～1890 年，现藏中国国家图书馆。刘子如《增广重庆地舆全图》纵 80 厘米，横 146 厘米，墨印。绘于 1890～1900 年，现藏重庆市图书馆和大连图书馆各一幅。



(a)《重庆府治全图》

(b)《重庆府治全图》(局部)

图 5-25　国璋《重庆府治全图》

第六章　物　理　学

中国古代物理学实为技术物理学，与之相关的图录当在工艺器具、文物遗存和历代绘画之中。然而，要获得恰当图画以说明物理之内涵却并非易事。在古代，这些物理知识的文字记述是初步的、不成熟的，因此不能指望有多么恰切的物理绘图。或许，将文字记述和这些图录结合参读，可让我们更好地理解古代人所具有的物理知识的深浅程度。

编者按力、光、声、电磁和热的次序排出以下图录。某些含有物理知识的器物或图画，在古代非常之多，如表现重心法则的物品、工艺，简单机械及其应用实例，青铜镜，各类乐器等，本章不能全部收录，只举出一二实例供读者参阅。由此及彼，读者会发现很多相关绘画或文物。有些器物，如阳燧（凹面镜）、透光镜、编钟、风筝、陀螺仪（被中香炉或熏球）、各种罗盘，自从它们问世后，历代屡有制品，本章也只选其一二。当然，这其中有受篇幅限制的原因。还有一些与物理相关的实物或图画，收录在本书其他章节。

在收录的图片中，大部分是较为珍贵的历史绘画或文物。江西临川宋墓出土“张仙人瓷俑”（图 6-49）无疑是宋代旱罗盘的实物证据，它将那种认为旱罗盘是从外国传入中国的说法推翻，并且证明旱罗盘也是中国人最早发明的。朱载堉创制的平均律的律准、律管和排萧（图 6-40、图 6-41），表明在平均律钢琴问世之前甚久，中国人在弦乐器和管乐器上已用平均律调律定音，它们是世界上最早的平均律管弦乐器。宋人摹顾恺之《斲琴图》（局部）（图 6-37）描绘了在弦线上调音定律的实验。琴阮合奏（图 6-38）中三律并用的艺术，表明中国古代音乐并非单调重复，而是含有丰富音色和音韵。笙簧（图 6-32）是复音和声乐器，尤其“自由簧”安装法在 18 世纪传到欧洲后引起了欧洲簧管乐器的革命。贾湖骨笛（图 6-29）的出土打破了中国调律法起于西方之说，也为中国新旧音阶之争划上了句号。邹伯奇自拍照（图 6-28），皮影戏绘画（图 6-27），早期西方传入中国的反射望远镜（图 6-23）、眼镜（图 6-21），中国自制的显微镜（图 6-24）、幻灯机（图 6-25）等，在历史绘画或文物中都是难得的科技珍品。

本章所收录的平面镜文物中，其历史都不太早，大部分是近年发现的汉代平面镜。因为，早期发现的镜或历史时期更早的镜，在文物报告中均未绘出镜面曲率之状。单绘一个圆加上背部纹饰，难于说明它的物理特性。近年，有些眼光深入的考古家绘出图 6-13、图 6-14（b）、图 6-16（b）和图 6-18 等，这才为本章所录用。这些图可让人一眼看出镜的物理性质。

图 6-1　朱雀铜灯

1968 年河北满城汉中山靖王刘胜墓出土。朱雀展翅，口衔灯盘，双足立底座边缘。通高 30 厘米，盘径 19 厘米。灯盘与底座、雀体三者位置符合重心与平衡原理。今藏中国国家博物馆。

图 6-1 朱雀铜灯

图 6-2 铜奔马

1969 年甘肃武威县雷台出土东汉铜奔马一具。长 45 厘米，宽 10.1 厘米，高 34.5 厘米，三足腾空，一足落地。落地足为马之重心所在。今藏甘肃省博物馆。

图 6-2 铜奔马

图 6-3　杠杆

杠杆的简单应用为桔槔。上图为山东嘉祥宋山汉画像石，下图为山东临沂白庄汉画像石。均为画像石中有关桔槔取水之局部。今藏山东省博物馆。

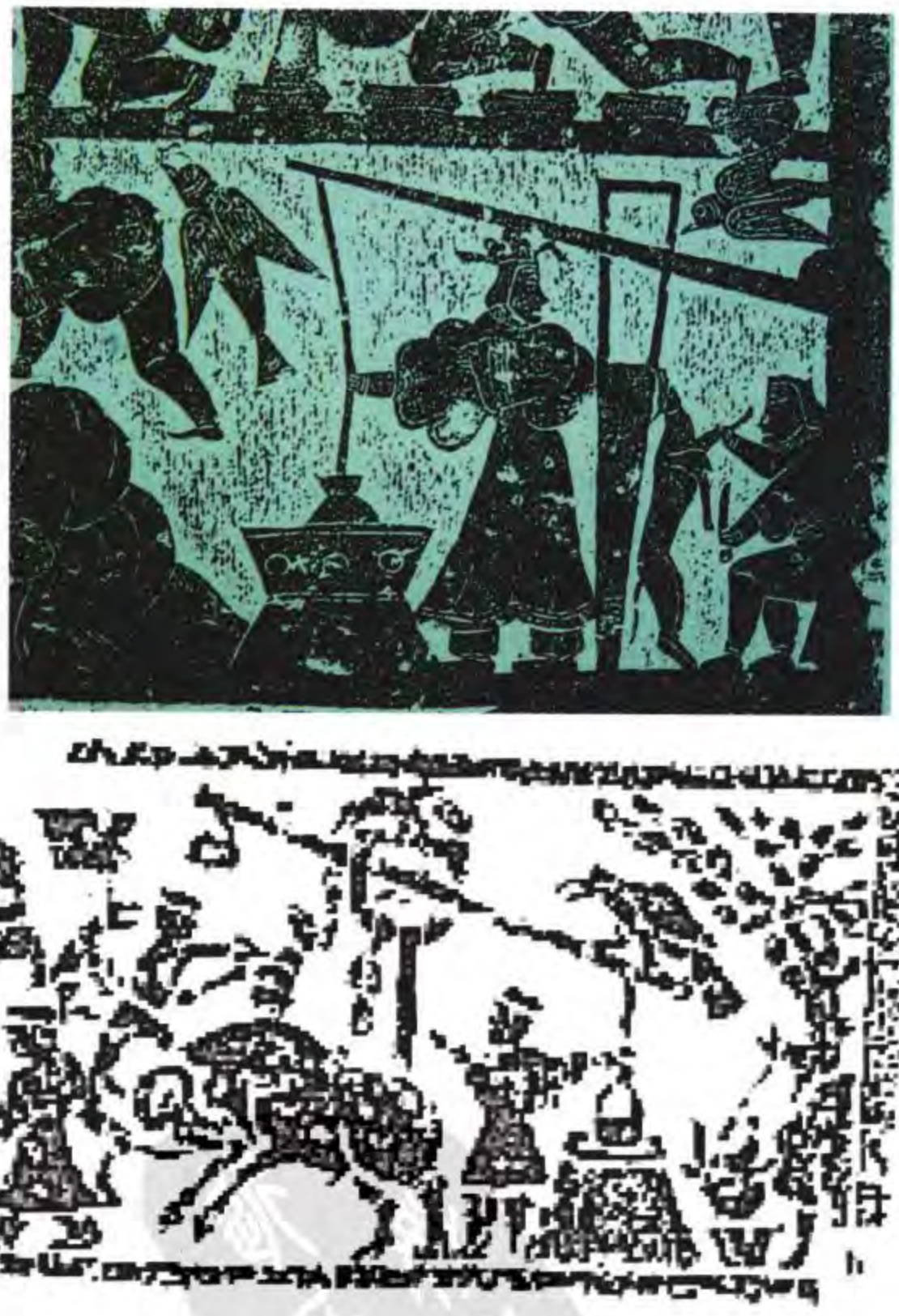
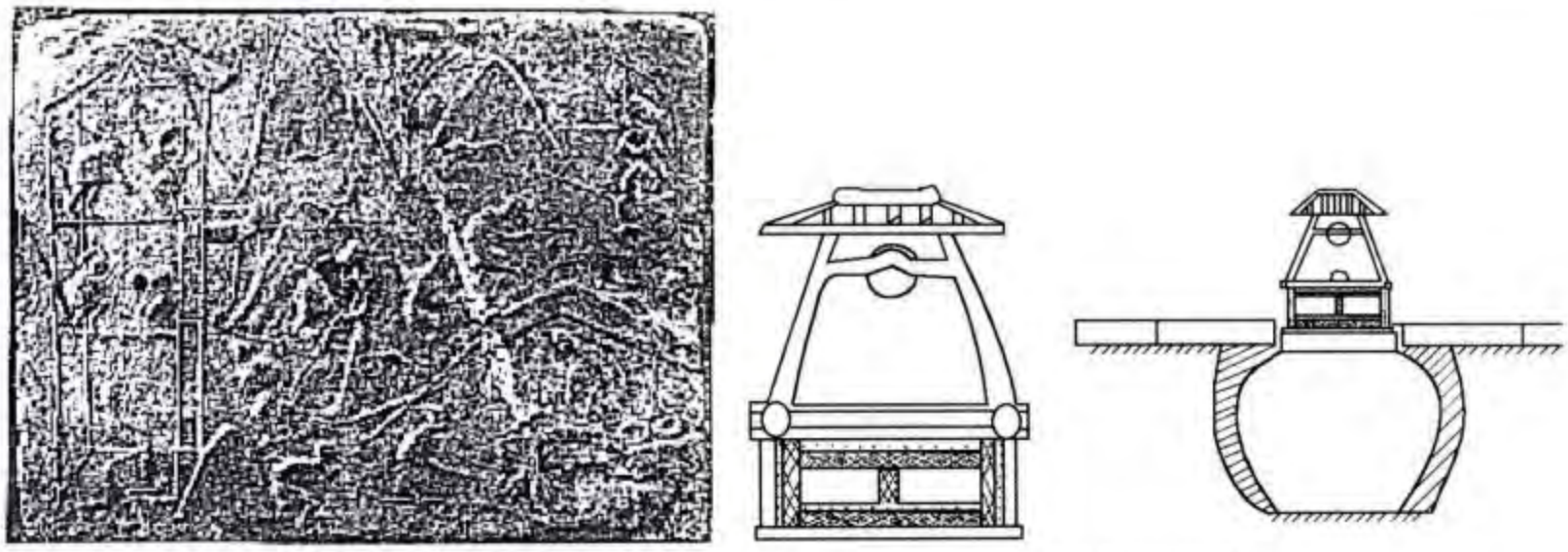


图 6-3　汉画像石杠杆

图 6-4　滑轮

图 6-4（a）为成都市郊出土、今藏重庆博物馆的汉代盐井画像砖，画面左边为通过滑轮和绳索提取卤水情景；图 6-4（b），1993 年洛阳五女冢新莽墓出土陶井模型及其安装复原图，井架上有一滑轮，今藏洛阳博物馆。



(a) 汉盐井画像砖　　(b) 陶井模型复原图

图 6-4　滑轮

图 6-5　陀螺

1977 年在浙江余姚县河姆渡遗址一至三期文化中共出土陶制陀螺 4 个，木制陀螺 38 个。其中大部分是圆锥体形。图示一期文化中 3 件陶陀螺之一，圆锥体的顶平面饰三个同心圆和一周弧齿纹，高 4 厘米，顶面径 2.5 厘米；一期文化中 32 件木陀螺，有圆锥、椭圆锥和橄榄形，大小不一。河姆渡遗存为公元前 5000～前 4500 年之间。今藏浙江省文物考古研究所。

(a) 陶陀螺　　(b) 木陀螺

图 6-5　陀螺

图 6-6　陀螺仪

1970 年西安何家村出土唐代银质熏球，内径 4.5 厘米，有 2 个机环，连同镂孔外壳为 3 个自由度，中心置一银质小碗以盛香料。它是近代陀螺仪（gyroscope）之祖。在工程上常称之为“平衡环”或“常平支架”。今藏陕西省博物馆。

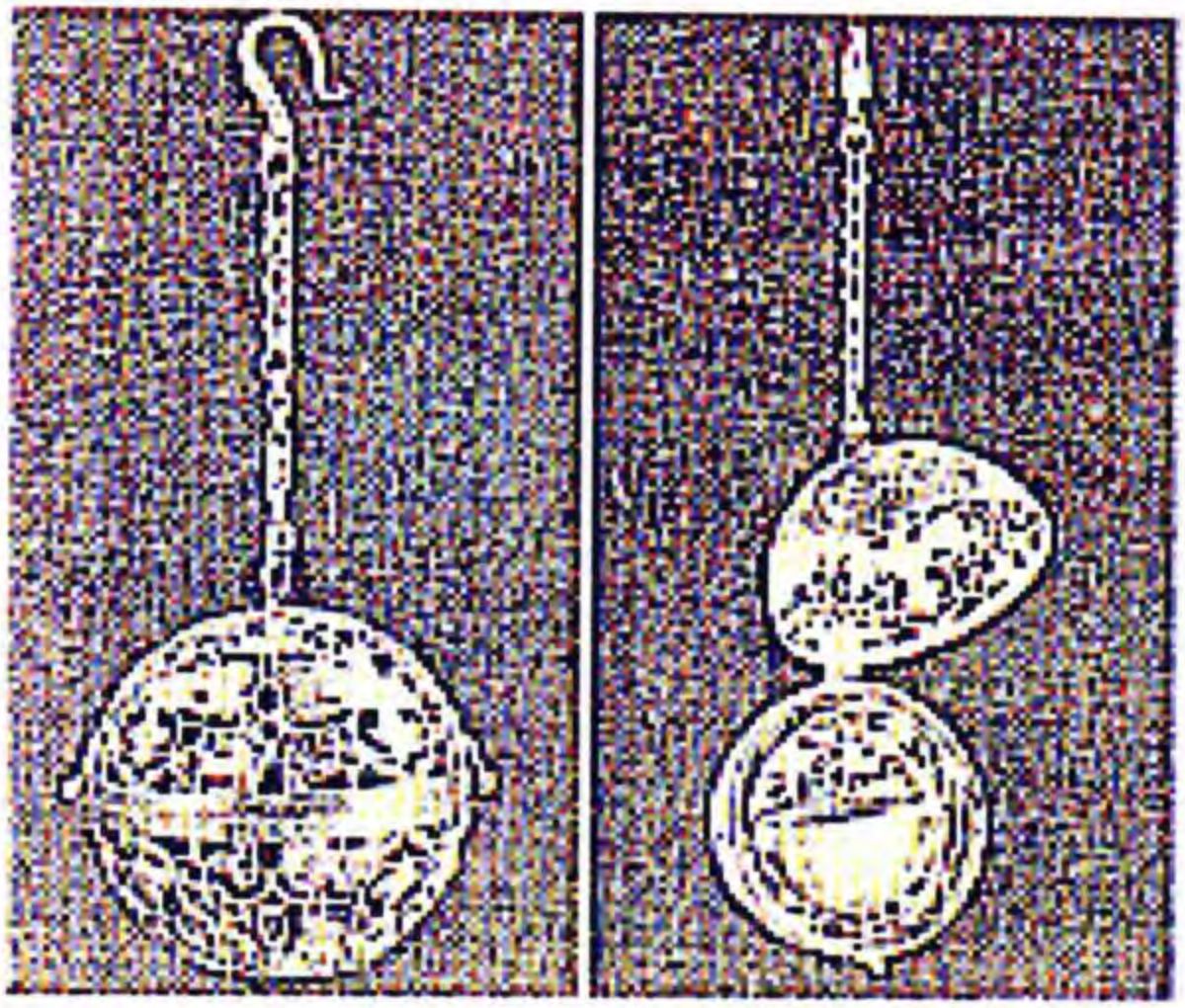


图 6-6　陀螺仪

图 6-7　风筝

历代有许多风筝绘画。图 6-7（a）为宋宣和（1119～1125）年间画院待诏苏汉臣所绘《百子嬉戏图》之局部，今藏北京故宫博物院。图 6-7（b）为 1990 年河北磁县征集的晚宋婴戏风筝瓷枕，通体白釉绘褐色花纹，八角形，长 28.7 厘米、宽 20 厘米、前高 7.6 厘米、后高 10 厘米。今藏磁县文物保管所。

(a) 宋苏汉臣绘《百子嬉戏图》之局部

(b) 宋婴戏风筝瓷枕

图 6-7　风筝

图 6-8 喷水龙洗

旅顺博物馆藏晚宋龙洗一具，为一带双耳铜盆，内底铸刻双龙，口径 41.9 厘米、底径 26 厘米、通高 18.5 厘米、洗深 14 厘米。

图 6-8 喷水龙洗

图 6-9 长信宫灯

1968 年河北满城 2 号汉墓（中山靖王刘胜）出土长信宫灯。一跪坐铜人，一手提灯具。灯盘有手柄，可控制灯罩开合，以调节光照方向与范围；手臂与人体中空，可纳烟尘。灯体通高 48 厘米、人高 45 厘米。今藏河北省博物馆。

图 6-10 西汉雁鱼形灯具

1985 年山西朔县赵什八庄出土、西汉晚期铜质灯具。通高 5.3 厘米，长 34.5 厘米，整体作鸿雁回首衔鱼伫立状，鱼身下接灯罩盖。灯具由雁首颈（连鱼）、雁体、灯盘、灯罩四部分组成，可以拆装。雁体、首，中空，可容水以纳油烟，保护环境清洁。灯罩可开合，灯柄可控灯盘转动，以调节光照方向及范围。类似灯具已出土三件。该件现藏朔县考古队。

图 6-11 西汉平面镜

青铜平面反射镜起源于公元前 2600～前 2000 年的齐家文化时期。该镜于 1994 年出土于江苏徐州西汉宛朐侯刘执墓，属西汉早期，背纹为四组对称的人物画像，镜面直径为 18.5 厘米。现藏徐州博物馆。

图 6-9　长信宫灯

图 6-10　西汉雁鱼形灯具

(a) 西汉平面镜

(b) 西汉平面镜绘图

图 6-11　西汉平面镜

图 6-12　平面镜照容绘画

宋人摹晋顾恺之《女史箴图》（局部）所绘之铜镜、镜架与梳妆照容图。现藏故宫博物院。

图 6-12　平面镜照容绘画

图 6-13　凸面镜

殷商时期已有青铜凸面镜。该镜于 1990 年在河南偃师杏园村北魏墓葬出土，直径 15.1 厘米，镜面微凸，背面铸刻神兽仙人。现藏河南省博物馆。

图 6-13　凸面镜临摹

图 6-14　西周素背面凹面镜

1995 年陕西扶风县黄堆 60 号西周墓出土、西周中期偏早时候青铜阳燧，即凹面镜，直径约 8.9 厘米，厚 0.19 厘米，曲率半径 20.75 厘米，焦距 10.4 厘米。背面中央一桥形小钮，无纹饰。今藏陕西省宝鸡市周原博物馆。

(a) 凹面镜背面　　(b) 凹面镜绘图

图 6-14　西周素背面凹面镜

图 6-15　春秋凹面镜

1956 年河南陕县（今三门峡市）上村岭 1052 号虢国墓出土，双虎纹青铜阳燧，即凹面镜，属春秋早期，直径 7.5 厘米。今藏中国国家博物馆。

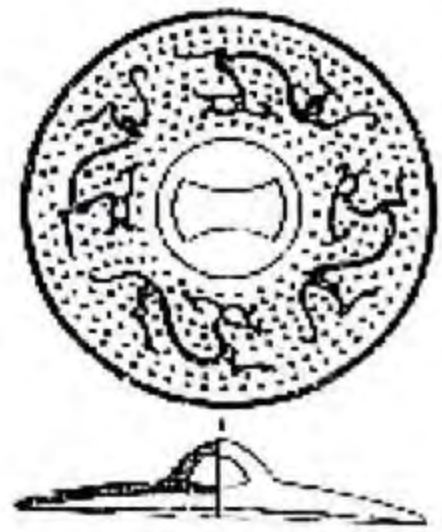
(a) 凹面镜背纹　　(b) 凹面镜绘图

图 6-15　春秋凹面镜

图 6-16 战国凹面镜

1981 年浙江绍兴狮子山 306 号战国墓出土，属战国初期青铜阳燧，即凹面镜，背面龙纹，直径 3.6 厘米。今藏浙江省博物馆。

(a) 凹面镜背纹



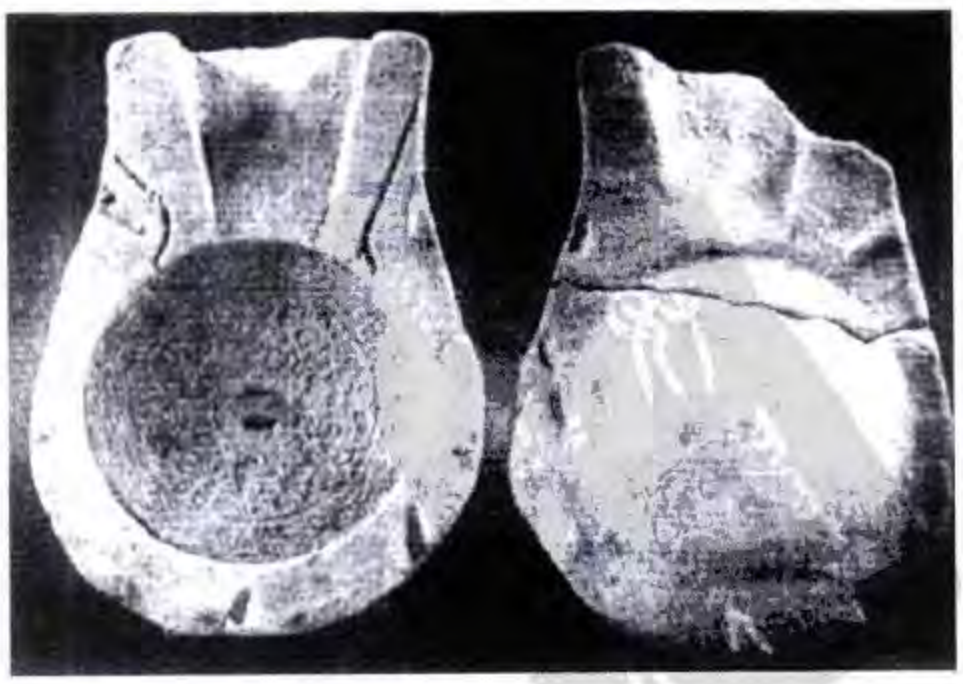
(b) 凹面镜绘画

图 6-16 战国凹面镜

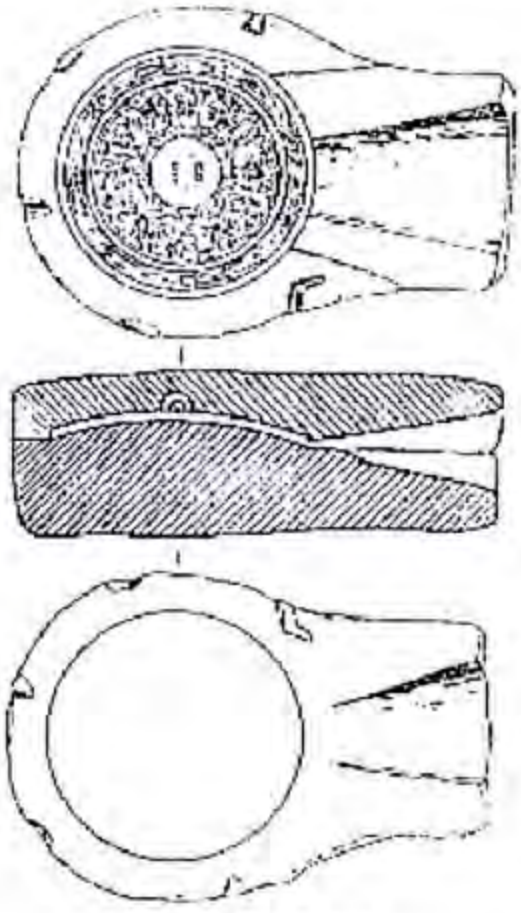
图 6-17 阳燧陶范

1960～1961 年间山西侯马Ⅱ号铸铜遗址出土 3 套完整的战国阳燧陶范。3 套形制相同，长 10.2 厘米、宽 7 厘米、合范厚 3.5 厘米。浇口楔形。范腔直径 5.3 厘米。背范，边深 0.2 厘米、中央深 0.7 厘米。中央钮洞直径 0.7 厘米，洞上横置一活动芯块。面范中央凸起 0.5 厘米，表面光滑。背范上有各种纹饰。今藏山西省文物考古研究所。

(a) 阳燧陶背范



(b) 阳燧合范



(c) 阳燧陶范素描图

图 6-17　阳燧陶范

图 6-18　汉代反射镜

1989 年浙江龙游县东华山汉墓出土 8 枚铜镜：①云雷纹镜，直径 14.2 厘米，镜面微凸；②方格规矩镜，直径 16.8 厘米，内方格十二地支铭文，镜面微凸；③昭明镜，直径 10.8 厘米，铭文环书“内清昭以日月光以章”，镜面微凸；④昭明镜，直径 8.6 厘米，镜面平；⑤蟠螭纹镜，直径 10.4 厘米，镜面平；⑥昭明镜，直径 7.8 厘米，镜面平；⑦日光镜，直径 7.1 厘米，铭文环书“见日之光天下大明”，镜面平；⑧日光镜，直径 8.6 厘米，镜面微凸，铭文环书与⑦同。八面铜镜中有平面镜，有凸面镜。③、⑦、⑧当初可能是“透光”镜，即不等曲率平面镜。今藏龙游县博物馆。

图 6-19　战国透光镜

所谓“透光”镜，即不等曲率的平面反射镜。1989 年湖南攸县古墓出土“透光”铜镜一具，属战国时期遗物。该镜直径 21.8 厘米，厚约 0.2 厘米，圆钮座。背面饰以云雷纹和蟠螭纹。出土时人为损坏，但仍能“透光”。今藏攸县文物局。

图 6-20　西汉透光镜

西汉青铜“透光”镜，背纹铸刻“见日之光天下大明”八字，直径 7.4 厘米，重 50 克。今藏上海博物馆。

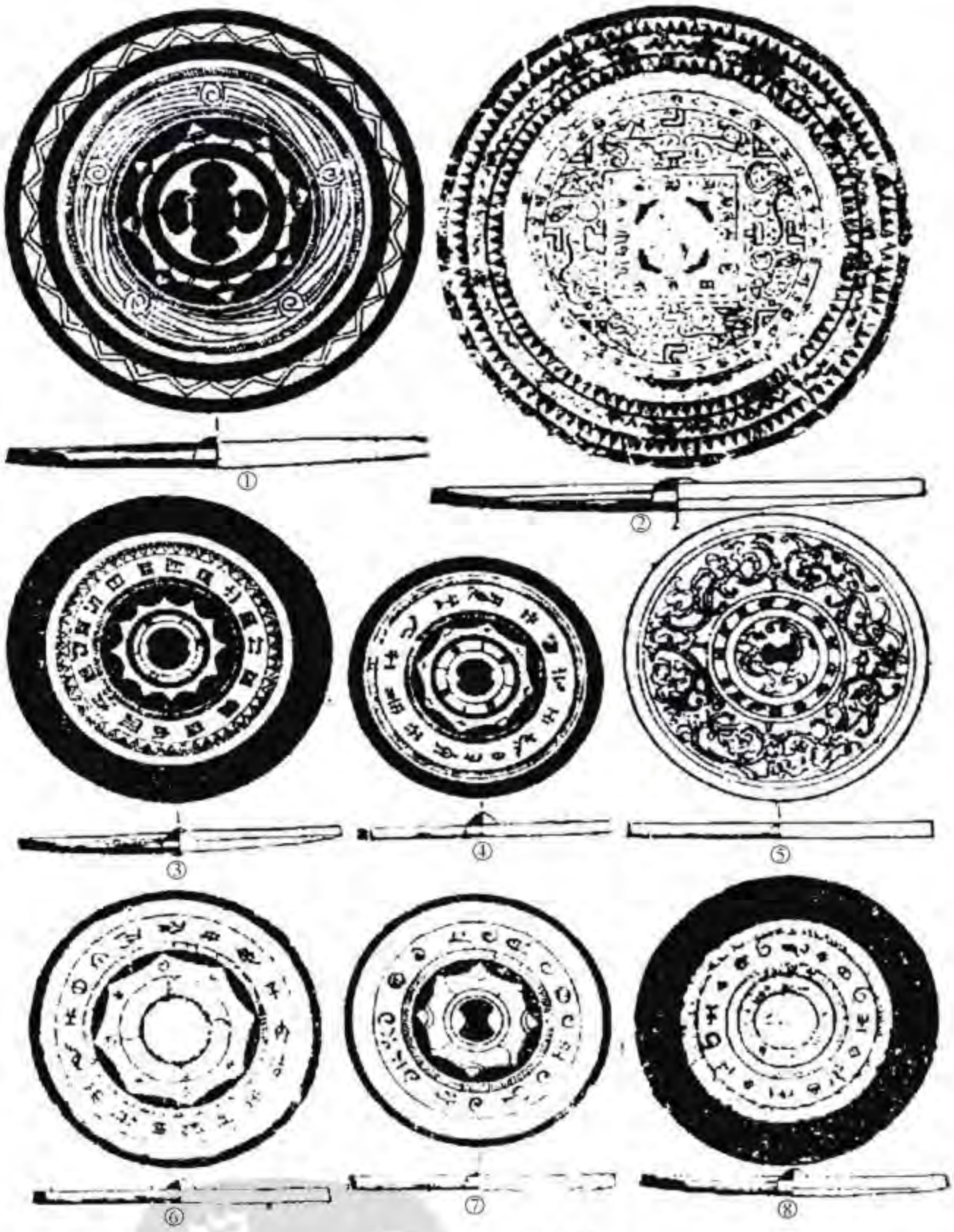


图 6-18 汉代反射镜

图 6-21 明代眼镜绘画

明人绘《南都繁会景物图卷》(局部)。一位老者戴一副眼镜坐在“兑换金珠”的金店门口。该绘画今藏中国国家博物馆。

图 6-22 伽利略式望远镜

汤若望(A. S. von Bell, 1592～1666)携入华并在其著《远镜说》中绘画者。

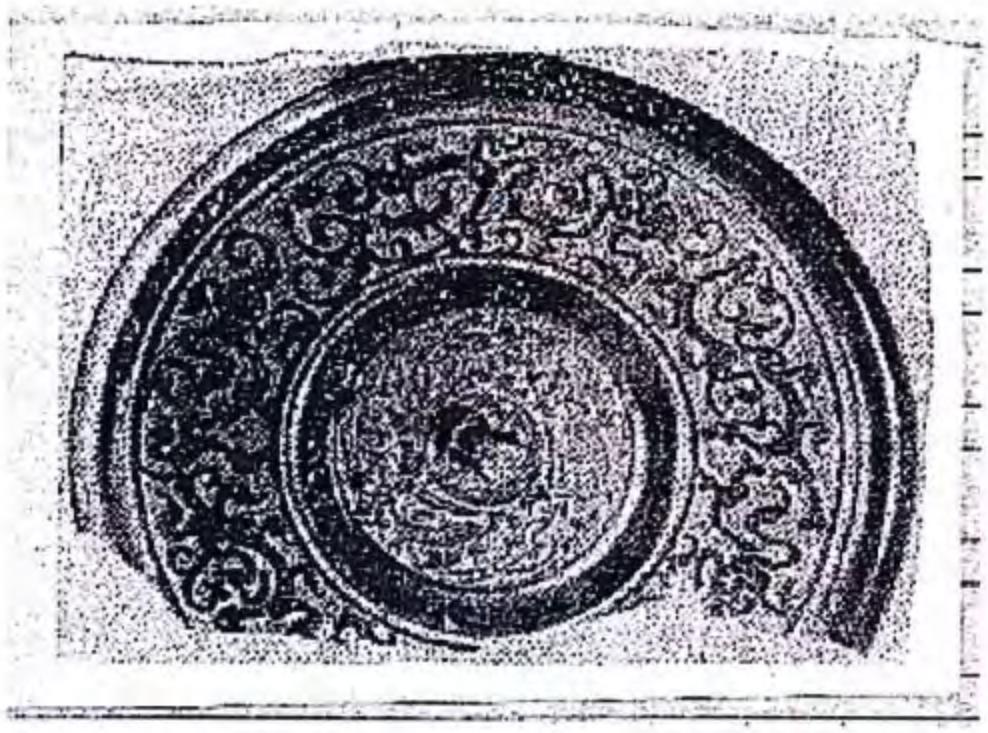


图 6-19　战国透光镜

图 6-20　西汉透光镜

图 6-23　反射望远镜

格雷戈里（J，Gregory，1636～1675）式反射望远镜。图 6-23（a）为实物，藏台北故宫博物院；图 6-23（b）为《皇朝礼器图式》绘画。清代称其为“摄光千里镜”。实物长 81 厘米，筒径 11.5 厘米，物镜径 10 厘米，目镜径 3 厘米，三角支架高 51 厘米。筒外紫漆描金花，镜筒与支架轴承处镀金，铜板上錾有二夔龙纹饰。

图 6-21 明代眼镜绘画

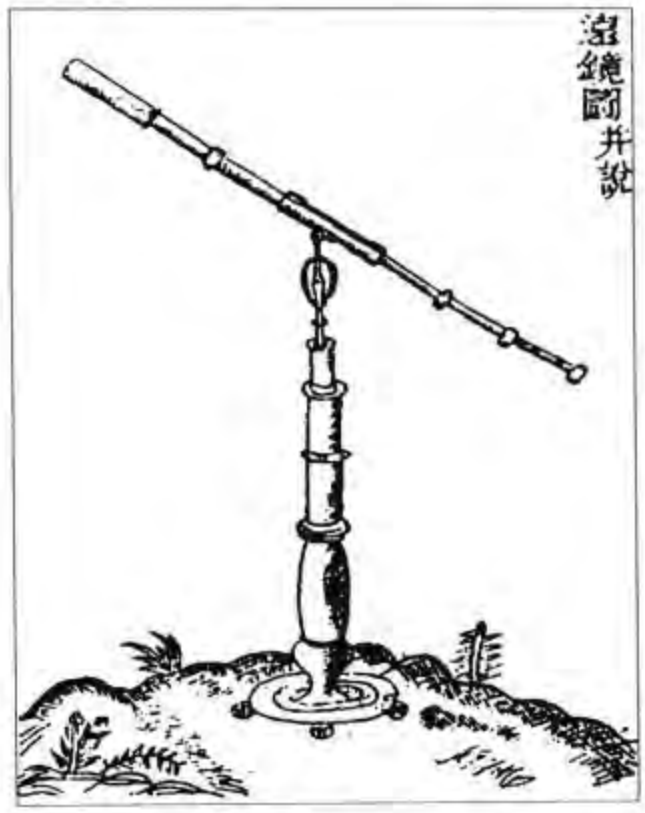
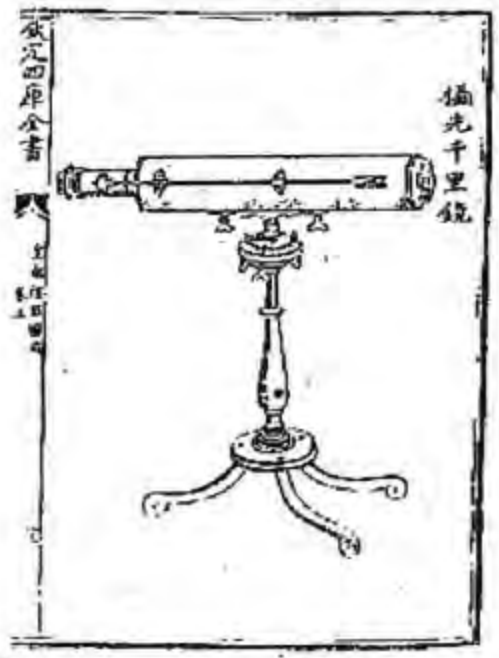


图 6-22 伽利略式望远镜

(a) 反射望远镜实物



(b) 反射望远镜绘画

图 6-23 反射望远镜

图 6-24 显微镜

清代郑复光（1780～?）《镜镜诒痴》绘画并曾制作的显微镜。图中，“丁”为凸透镜，“辰”为平面反射镜。“甲乙”为活轴，可转动平面镜。通过“丁”观察“辰”的反射像，可见实物（“丑寅”）的正立虚像。

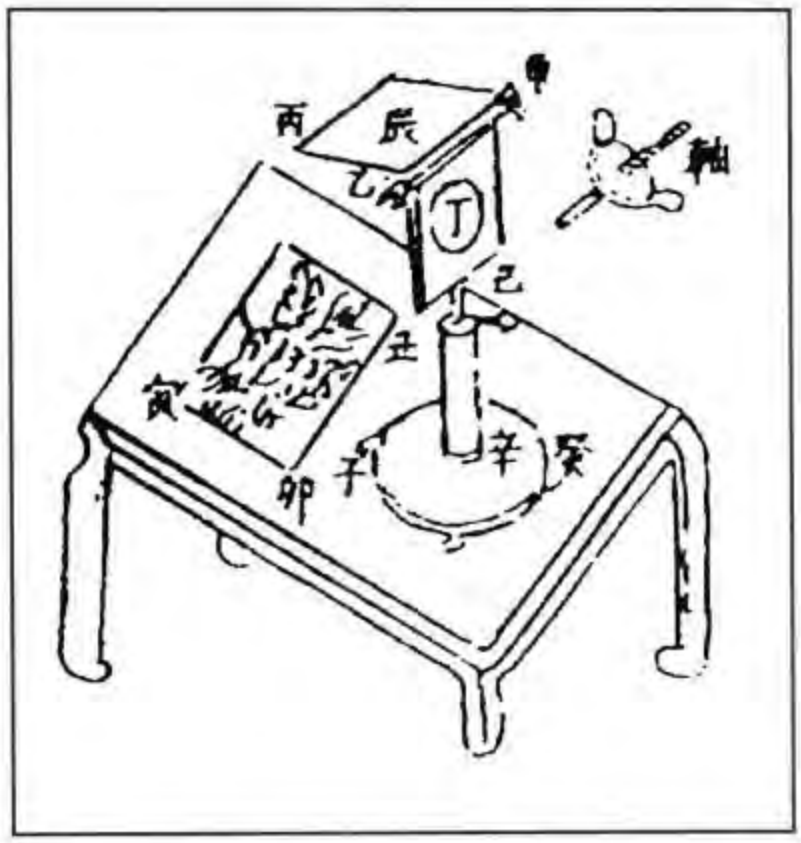


图 6-24　显微镜

图 6-25　幻灯机

清代郑复光《镜镜诒痴》绘画并曾制作的幻灯机，其时称“放字镜”。右：方盒“丙”为灯箱，“丁”处置平凸透镜，带字画玻片“戊亥”或“壬癸”通过灯箱插孔“庚辛”。左：上图为六角活动套筒，“乾坤”端可插入灯箱“戊己”，“未酉”端“甲”处装一平凸透镜。

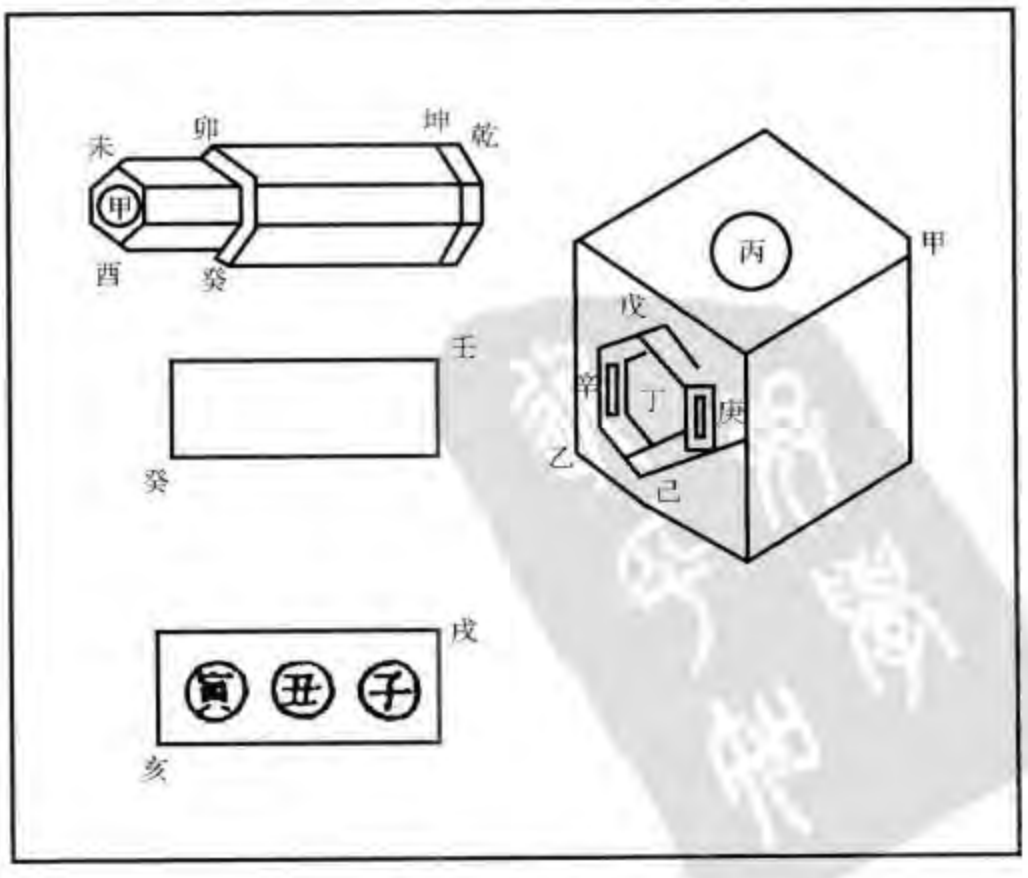


图 6-25　幻灯机

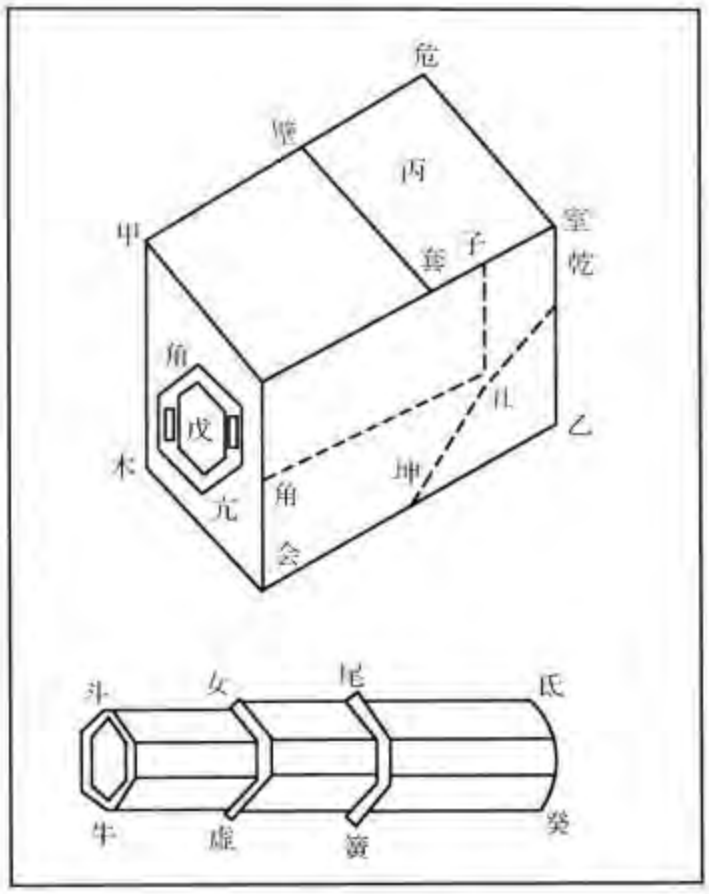


图 6-26 摄影器

图 6-26 摄影器

清代郑复光《镜镜泠痴》绘画并曾制作的摄影器。上：方形者为暗箱；下：活动套接镜头，“斗牛”处装凸透镜，镜头另一端可插入暗箱“角亢”处。暗箱“丑”为一平面反射镜。像成于暗箱顶“丙”处。当时称此为“取景器”。

图 6-27 皮影戏绘画

皮影戏源自战国时期。该画见清乾隆五年（1740）由金昆、陈枚等绘《庆丰图》（局部）。由图画可见皮影戏演出情景：以纸糊大方框为戏台，台内二人举动皮片剪成的人物，一侧有乐队。台下拥挤围观。今藏故宫博物院。

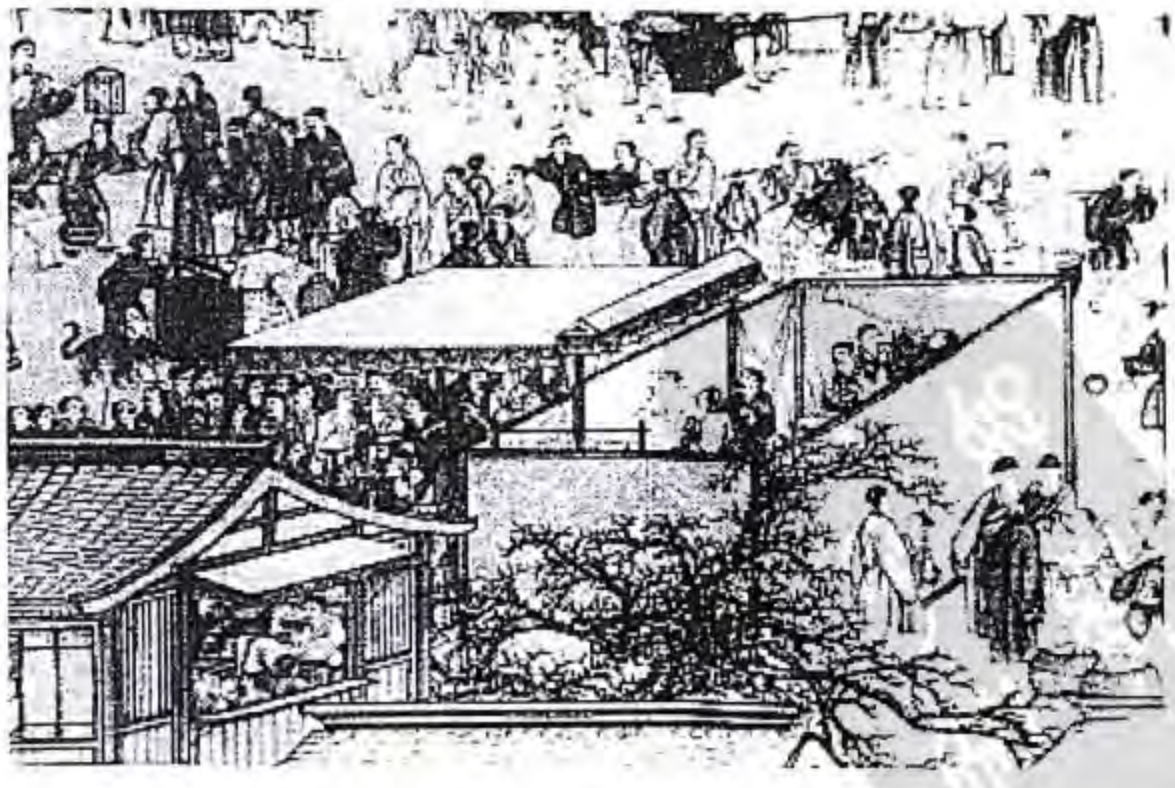


图 6-27 皮影戏绘画

图 6-28　邹伯奇自拍照

邹伯奇（1819～1869）在1846～1850年间以自制玻璃板摄影法和感光化学物质为自己拍的照片。此底版尚存广州市博物馆。

图 6-28　邹伯奇自拍照

图 6-29　贾湖骨笛

1987年在河南舞阳县贾湖村新石器时代遗址出土，以猛禽腿骨制成，两端开口，上有七个音孔，为竖吹管乐器。共出土16支骨笛，这是其一：全长22.20厘米，七个音孔直径约3.6毫米，第7孔旁另有一直径约1.58毫米小孔。时代为公元前8000～前7000年，能吹奏六声或七声音阶的乐曲。其筒音为宫音的下徵调七声音阶，正是后来成为中国传统的所谓"新音阶"。今藏河南省博物馆。

图 6-29　贾湖骨笛

图 6-30　战国竹笛

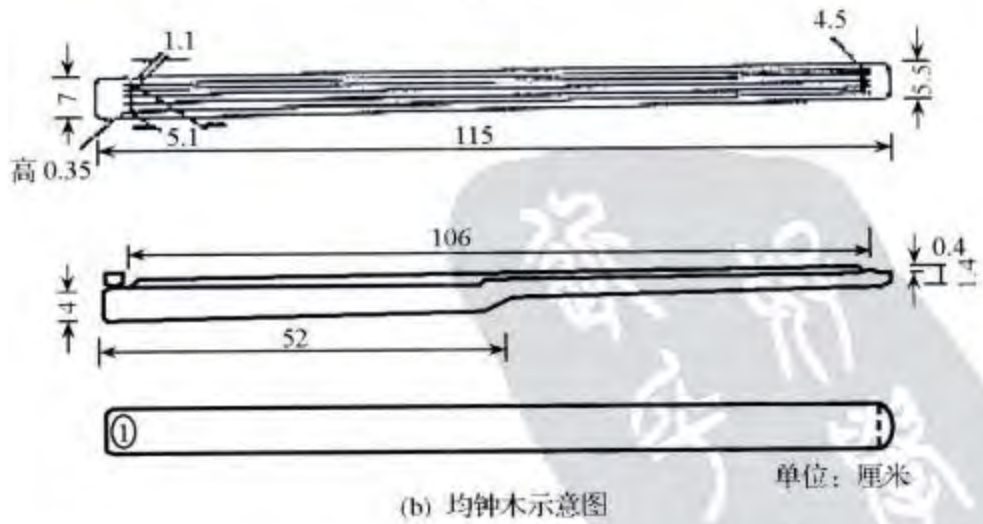
1978年湖北随县战国初年曾侯乙墓出土2件竹笛，通体髹漆彩绘，其长分别为29.3厘米和30.2厘米；内径分别为1.75～1.9厘米，1.54～1.7厘米。两端闭口，吹孔与筒音出气孔分别在管身近两端的同一平面上，而5个音孔与吹孔平面成90度角。这种形式的笛古称"篪"。今藏湖北省博物馆。

图 6-30　战国竹笛

图 6-31　均钟木

1978 年湖北随县战国初年曾侯乙墓出土，先秦称为“均钟木”，汉以后称为“均钟器”（初出土时，考古与音乐界曾称其为“筑”或“五弦器”或“均钟”），是一种音高标准器。通长 115 厘米，形若长棒，首端近方，尾端近圆。首宽 7 厘米、高 4 厘米；尾宽 5.5 厘米、高 1.4 厘米。表面平直狭长，上施 5 弦，器身以黑漆为底、朱绘菱纹人面龙体和凤鸟图案。今藏湖北省博物馆。

(a) 均钟木



(b) 均钟木示意图

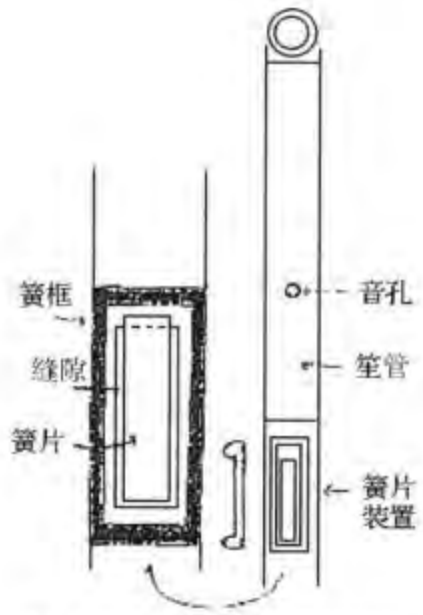
图 6-31　均钟木

图 6-32　笙簧

1978 年湖北随县曾侯乙墓出土笙 6 件。形制相同，均由笙斗、笙管和簧组成。笙斗为

匏；笙管竹制，有 18、14、12 管之别；簧为薄竹片，条形，装于簧框内，一端固定框上，余三面与框之间有发丝般隙缝，可自由振动。簧上残存点笙用的白色物质。这是公元前 6 世纪自由簧的证据。今藏湖北省博物馆。

(a) 曾侯乙墓出土笙匏和笙管



(b) 曾侯乙笙簧框及其装簧方法

图 6-32　笙簧

图 6-33　河南淅川下寺楚编钟

1978 年河南淅川县下寺一号楚墓出土 9 件组编钟（钮钟）（又称“敬事天王钟”），其体高（不含钮）最大者为 21.5 厘米、最小者为 11.7 厘米；重量最大者为 2.0 千克，小者为 0.78 千克。椭圆截面双音钟。音阶结构为三分损益律的古音阶。该编钟铸成于楚成王初年，约公元前 671～前 656 年，与管仲（？～前 645 年）生活年代同时。今藏河南省博物馆。

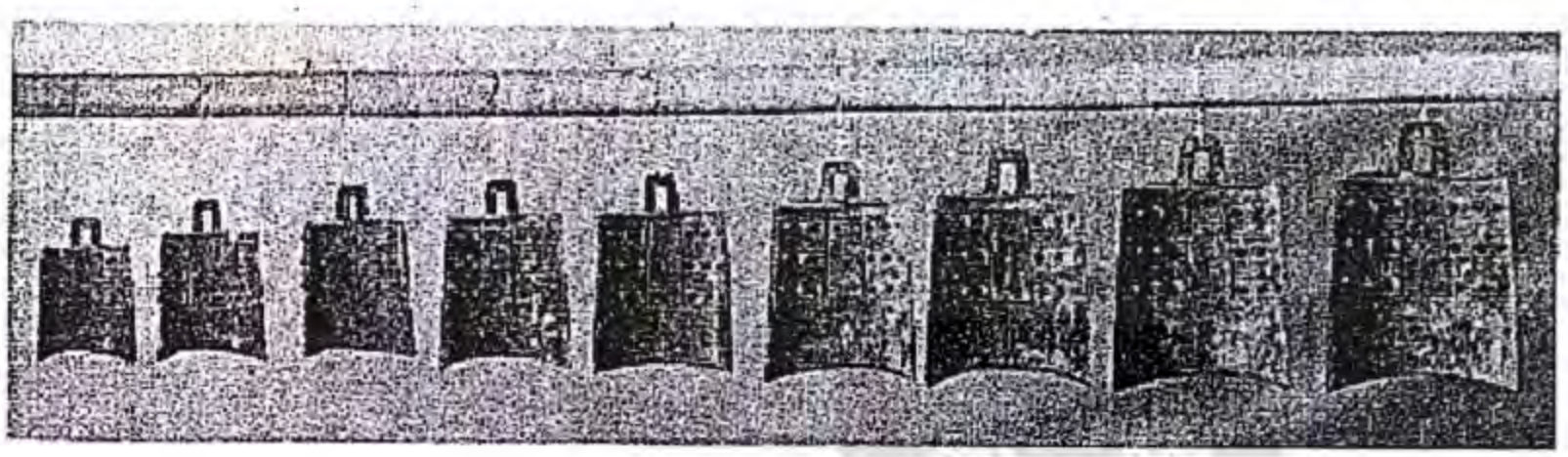


图 6-33　河南淅川下寺楚编钟

图 6-34　山西侯马编钟

1962 年山西侯马镇上马村 13 号墓出土九件组编钟（钮钟），椭圆截面，双音钟，其体高（不含钮）最大者 27.2 厘米，最小者 15.8 厘米，其中两个破裂。时代为春秋中叶鲁襄公（约公元前 572～前 542 年在位）时候。编钟前 5 个音为 g^2、a^2、c^3、d^3、e^3，恰与《管子·地员》记载的徵、羽、宫、商、角相同。今藏山西省博物馆。

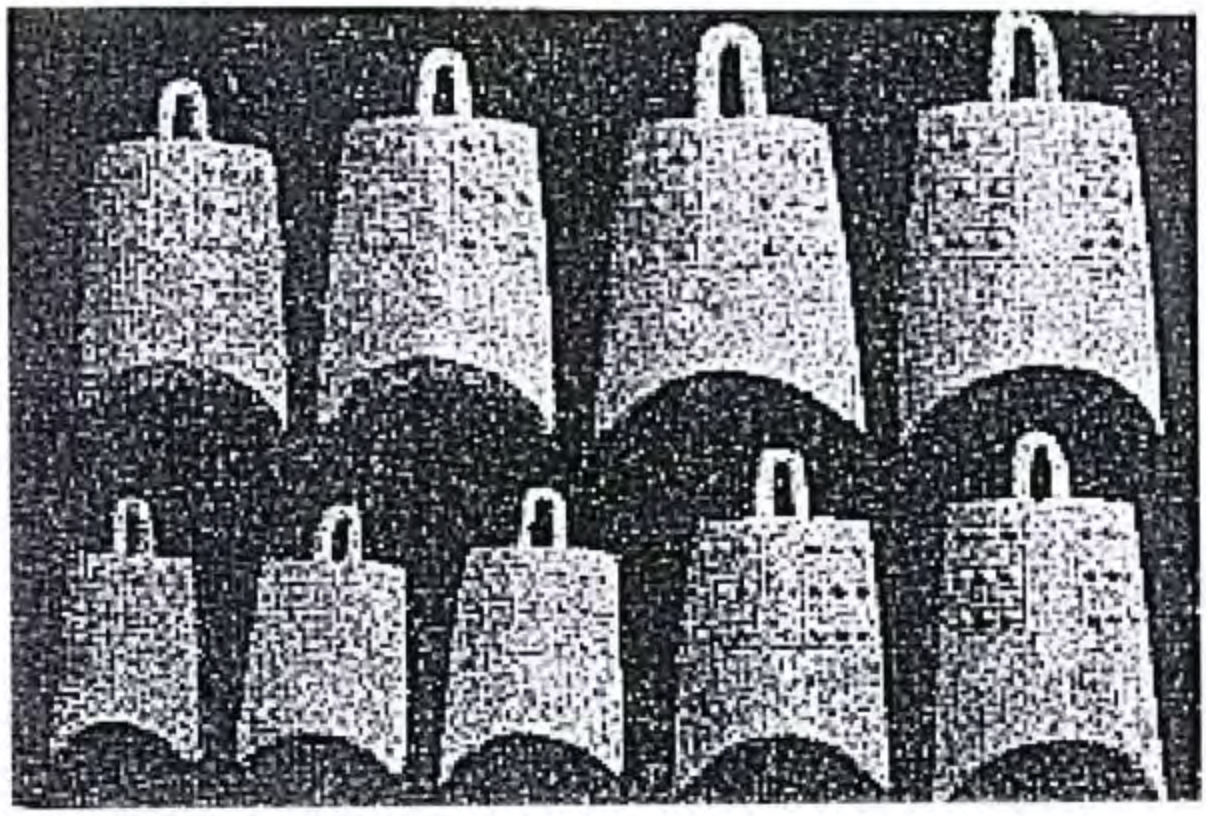


图 6-34　山西侯马编钟

图 6-35　曾侯乙编钟

1978 年湖北随县曾侯乙墓出土编钟 65 件，时代为楚惠王五十六年（前 433 年）。含铜木结构钟架一副、挂钟构件 65 副、演奏工具 8 件。钟架通高 2.73 米，正面长 7.48 米，侧面长 3.35 米。包括铜人座（即虡）、铜圆柱等，全套钟架用铜超 1000 千克。65 件钟分上、

图 6-35　曾侯乙编钟

中、下三层悬挂：上层钮钟 19 件，其最大者通高 39.9 厘米，重 11.4 千克，其最小者通高 20.2 厘米，重 2.4 千克；甬钟 45 件，分 5 组悬挂于中、下层，有无枚钟（中层二组）、短枚钟（中层一组）和长枚钟（中层三组）之别。下层钟体甚大，枚甚长。甬钟最小者（中层二组 1 号）通高 37.2 厘米，重 8.3 千克；最大者（下层一组 1 号）通高 152.3 厘米，重 203.6 千克。镈钟 1 件，椭圆截面，通高 92.5 厘米，重 134.8 千克，悬挂于下层正面中央。整套编钟总重量 2500 千克。共有铭文 2800 字，其中律名 29 个，阶名 37 个。音域从 A_1 至 C^4，达 5 个八度以上。以姑洗（C）为宫。在约占三个八度音程的中部音区，十二个半音俱全，可以旋宫转调，并演奏五声、六声或七声音阶。其律制即汉代称为的“钟律”、宋代称为“琴律”，也就是三分损益律和纯律的复合律制。下层二组 2 号钟重 119.3 千克，中鼓音为 C；下层一组 1 号钟重 203.6 千克，中鼓音为 C_1。今藏湖北省博物馆。

图 6-36　汉代律管

1972 年长沙马王堆一号汉墓（轪侯妻墓）出土，一套共 12 支。竹质，两端开口，插于绢制绣花袋中。其中，最长一支为 17.65 厘米，最短一支为 10.2 厘米，内径 0.6～0.8 厘米不等。每支管下端墨书律名。属西汉早期之物，为明器，但为古代律管形式与开口情况提供了物证。今藏湖南省博物馆。

图 6-36　汉代律管

图 6-37　造琴绘画

宋人摹晋顾恺之《斲琴图》（局部）。上图一人坐方毯上拨动弦线、静听弦音，毯之一角尚有一方盒。下左一人在敲琴面板，静听其音状。今藏故宫博物院。

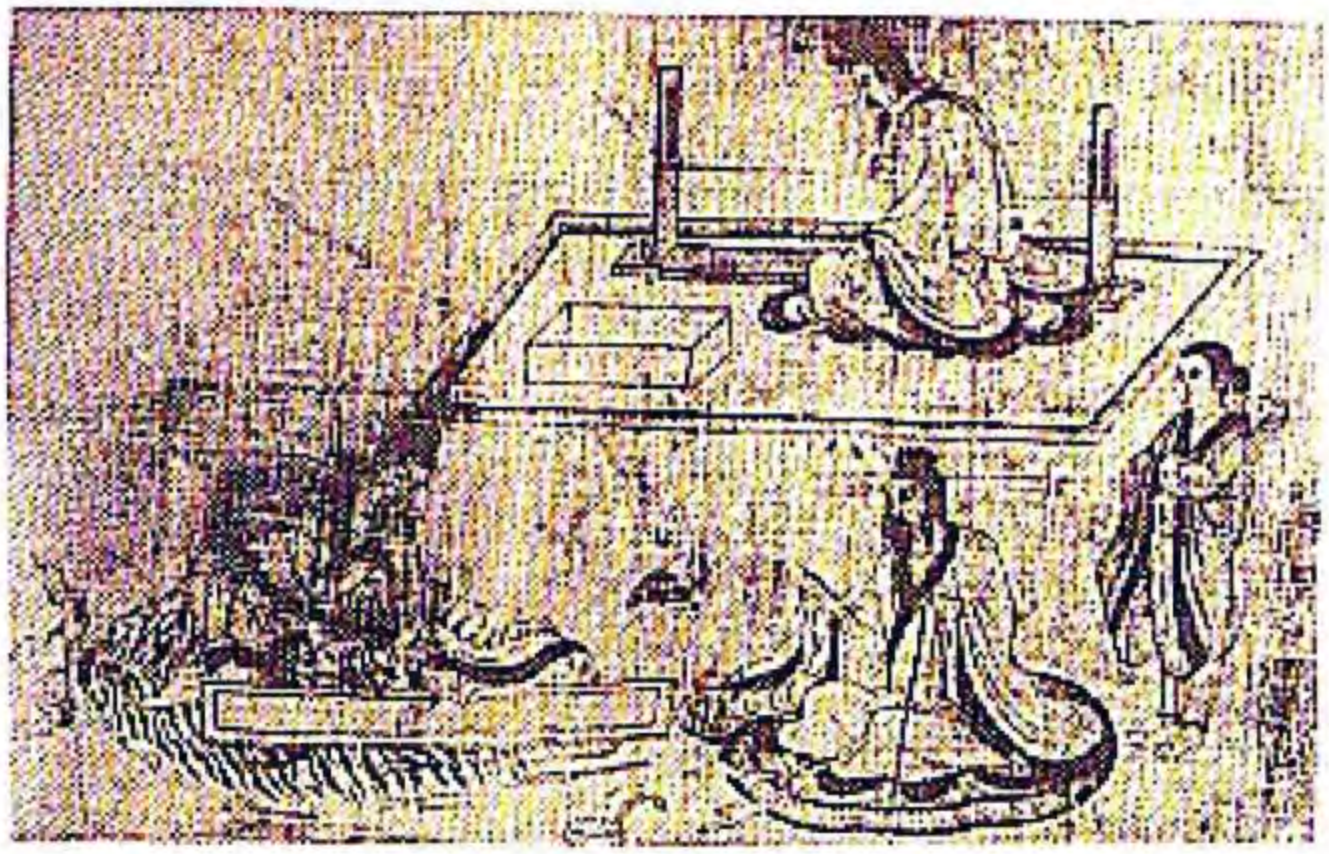


图 6-37　造琴绘画

图 6-38　琴阮合奏

宋人摹南唐周文矩《宫中图》。图中有琴、阮合奏画面。古琴用三分损益律和纯律，阮用近似平均律。故此绘画表现三律并用之艺术。

图 6-38　琴阮合奏

图 6-39　瓮听

北宋曾公亮（999～1078）《武经总要》绘“瓮听”图。将瓮置于地面或地下室中，地面固体中声波在瓮内增大混响，可听到远处人马声。

图 6-40　平均律弦乐器

明代朱载堉《律学新说》绘制“新制律准”。它是按平均律弹奏发音的弦乐器，也是平均律音高标准器。按明代尺度，通长 55 寸，龈岳间 50 寸，龈高 6 厘，岳高 6 分，首尾皆广 9 寸，背面左右各开一洞，为音箱孔。面上施弦 12，列十二徽，以定平均律弦音位。

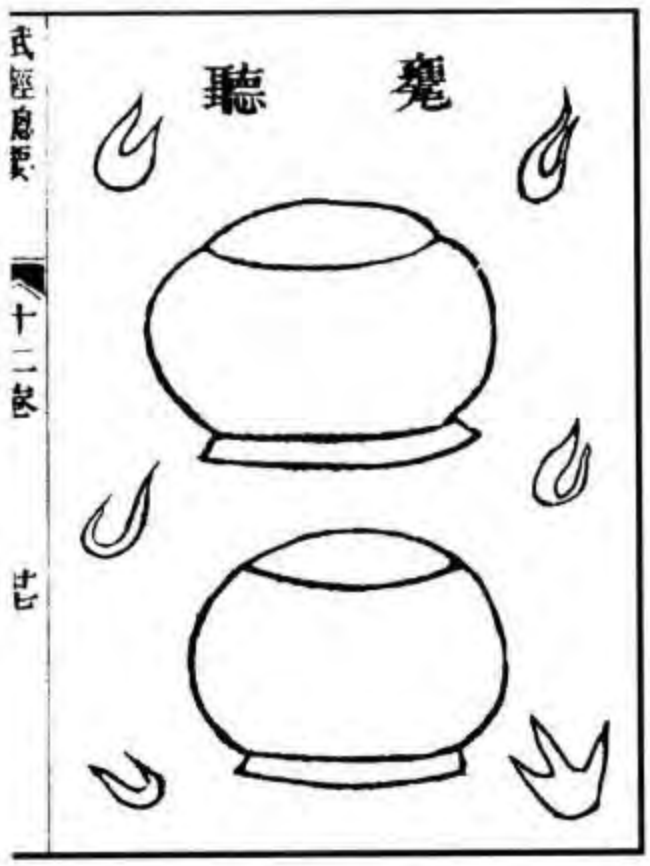


图 6-39　瓮听

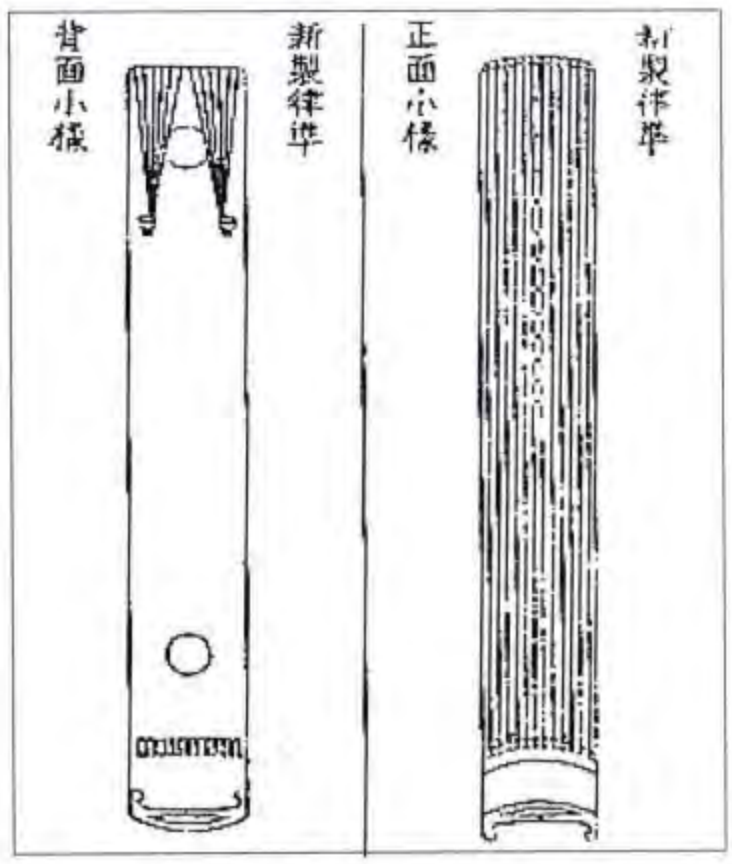


图 6-40　平均律弦乐器

图 6-41　平均律律管和排箫

明朱载堉《律吕精义·内篇》绘制律管，各管按十二平均律发音。将这些律管按长短顺序编列在一起，朱载堉称其为“编管”，今谓之排箫。

(a) 朱载堉的律管

(b) 按十二平均律发音的排箫

图 6-41　平均律律管和排箫

图 6-42　北京天坛圜丘和回音壁

北京天坛建于明、清两代，总面积 273 公顷。天坛内圜丘［图 6-42（a)］和回音壁［图 6-42（b)］具有良好的声反射现象。

圜丘是露天圆形祭坛，明嘉靖九年（1530）初建，乾隆十四年（1749）扩建。扩建时全部采用白玉石材。祭坛三层，其直径由下而上分别为 54.5 米，38.5 米和 23.5 米，每层外周绕以白玉栏杆，上层中央为一白玉圆石块。

回音壁原名皇穹宇，明嘉靖九年建。回音壁是皇穹宇（尖顶小殿）的圆形围墙，圆半径约 32.5 米，高约 6 米。皇穹宇之南的左右两侧各一小配殿。

(a) 圜丘

(b) 回音壁

图 6-42　北京天坛圜丘和回音壁

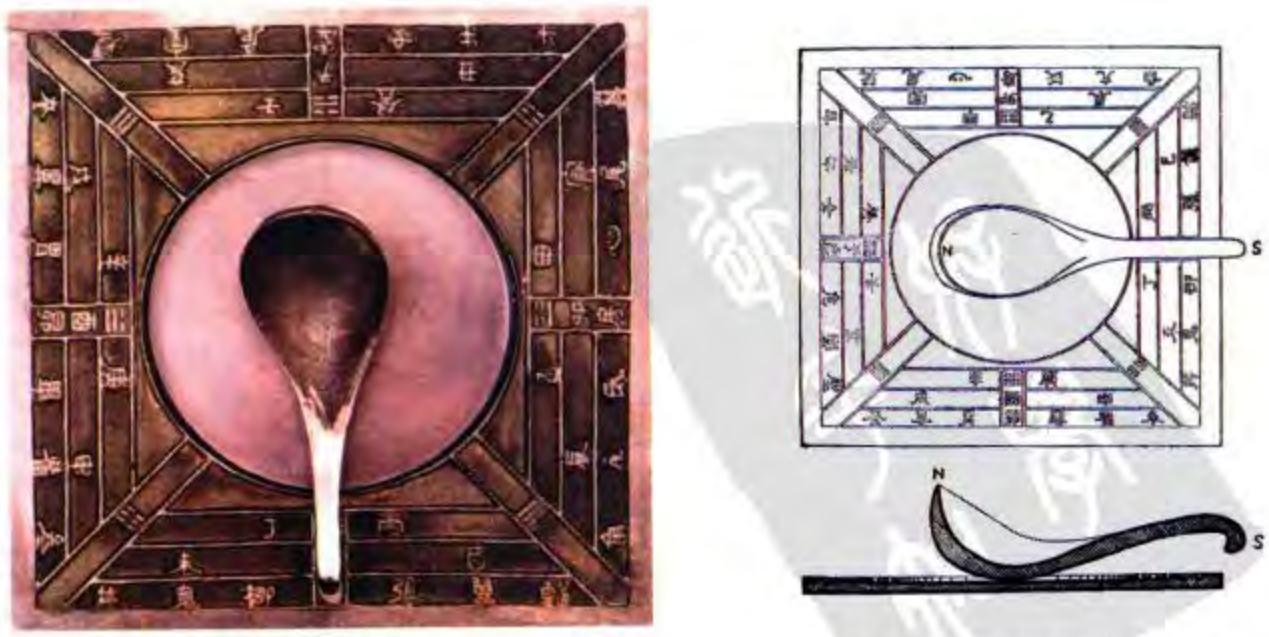
图 6-43　莺莺塔

莺莺塔位于山西永济县普救寺内，初建于隋唐年间，重建于明嘉靖四十三年（1564），是13层方形砖塔，塔高36.76米（不计塔刹），基座边长16.4米，塔底层下基边长8.35米。每层塔檐成半穹隆形，塔内为方形空筒状。因此，塔檐反射声类似蛙鸣，塔内能聚焦远处村民说话声。

图 6-43　莺莺塔

图 6-44　司南

王振铎复原汉代司南。今藏中国国家博物馆。



(a) 司南复原图　　(b) 司南复原模型及剖面图

图 6-44　司南

图 6-45　宋代针碗示意图

图 6-45　宋代针碗

1993 年吉林双辽县电厂储灰场出土辽金针碗，上图为碗内底，下图为碗形。烧制年代为北宋至南宋初年。瓷碗白釉，壁外釉不及底，内底纹饰似“王”字，是磁针及其载体示意图，腹内中部饰两道弦纹。碗口径 19.4 厘米、底径 7.2 厘米、高 8.4 厘米。有些碗外底墨书“针”字。碗外沿套接方位盘，即成罗盘。今藏吉林四平市博物馆。

图 6-46　水浮指南鱼

据宋曾公亮（999～1078）《武经总要》记述，王振铎复原制作水浮指南鱼。今藏中国国家博物馆。

图 6-46　水浮指南鱼

图 6-47　木刻指南鱼

据宋陈元靓《事林广记》记述，王振铎复原制作木刻指南鱼。今藏中国国家博物馆。

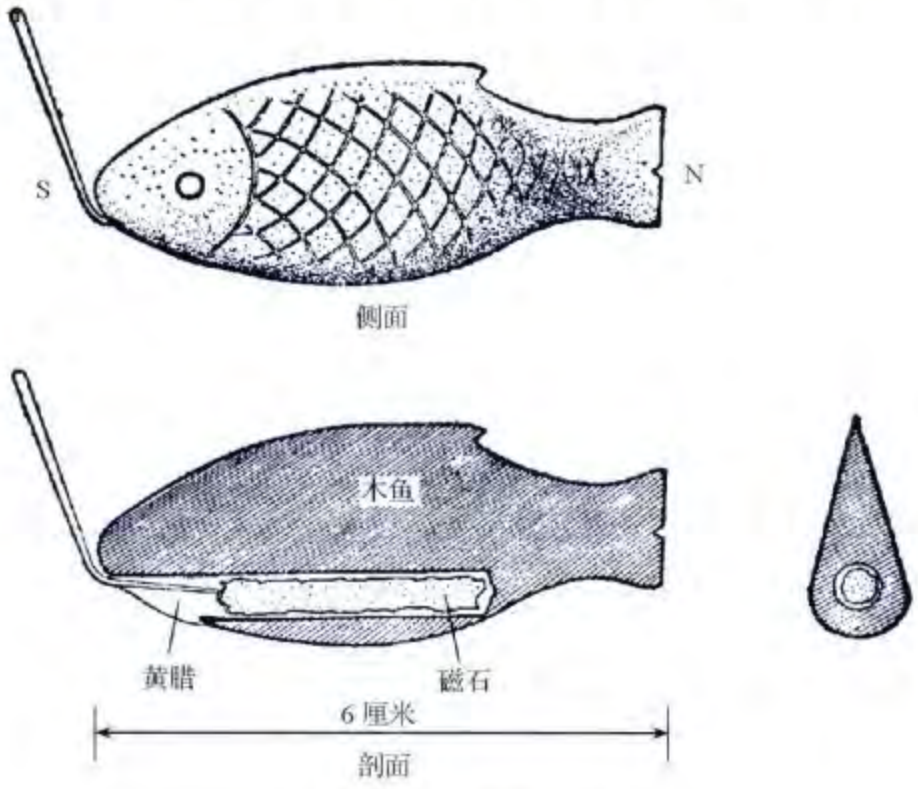


图 6-47　木刻指南鱼

图 6-48　木刻指南龟

据宋陈元靓《事林广记》记述，王振铎复原制作木刻指南龟。今藏中国国家博物馆。

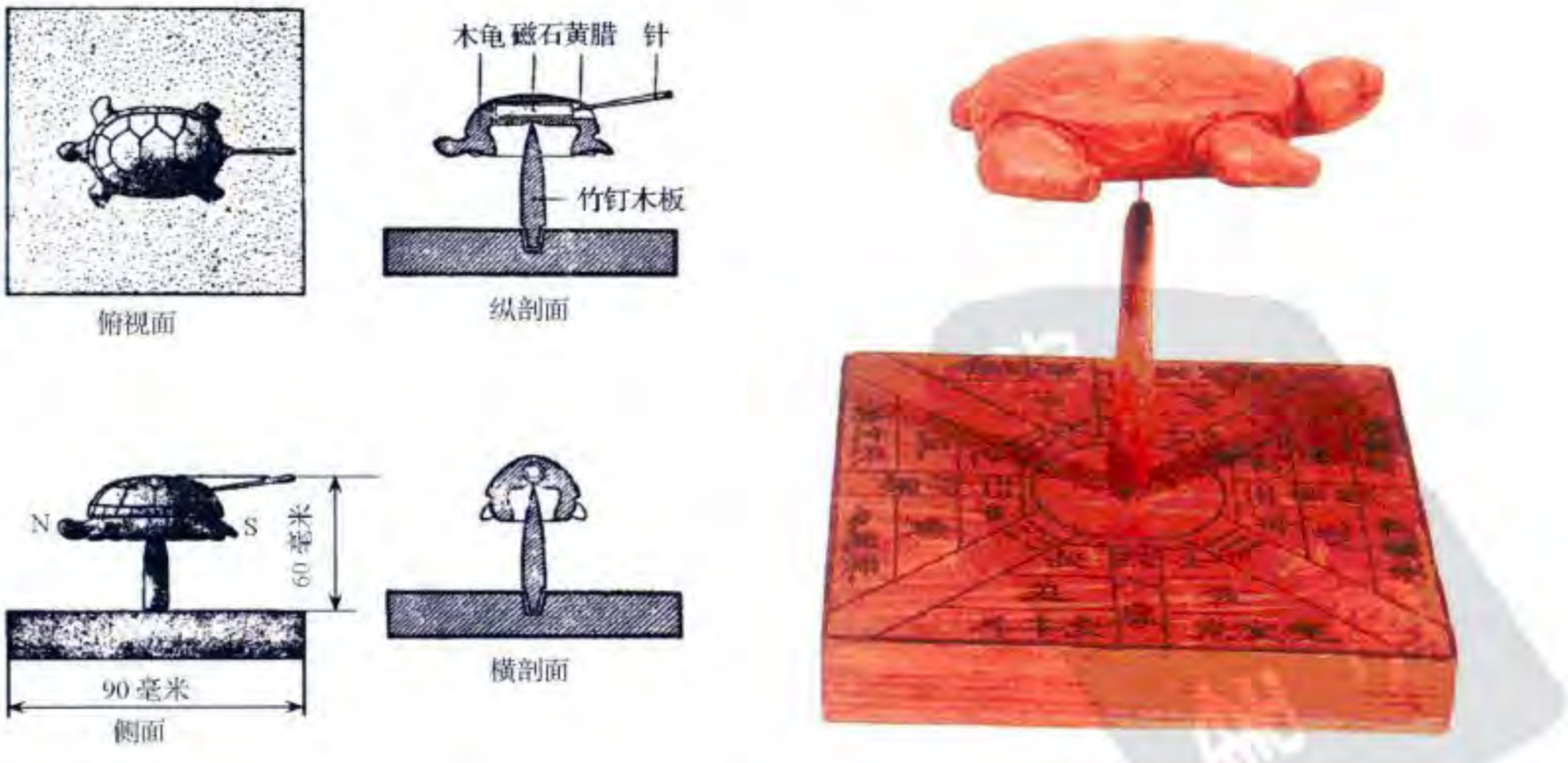


图 6-48　木刻指南龟

图 6-49　宋代旱罗盘

图 6-49　宋代旱罗盘

1987 年江西临川宋墓出土“张仙人瓷俑”。俑高 22.2 厘米，其右手持罗盘置左胸前，俑底座墨书“张仙人”，即姓张的风水地理师。墓主人为南宋邵武知军朱济南，卒于庆元三年（1197），葬于庆元四年（1198）。罗盘竖立而磁针不掉落，当为活动枢轴接合磁针的旱罗盘。今藏江西省博物馆。

图 6-50　元代堪舆铜罗盘拓片

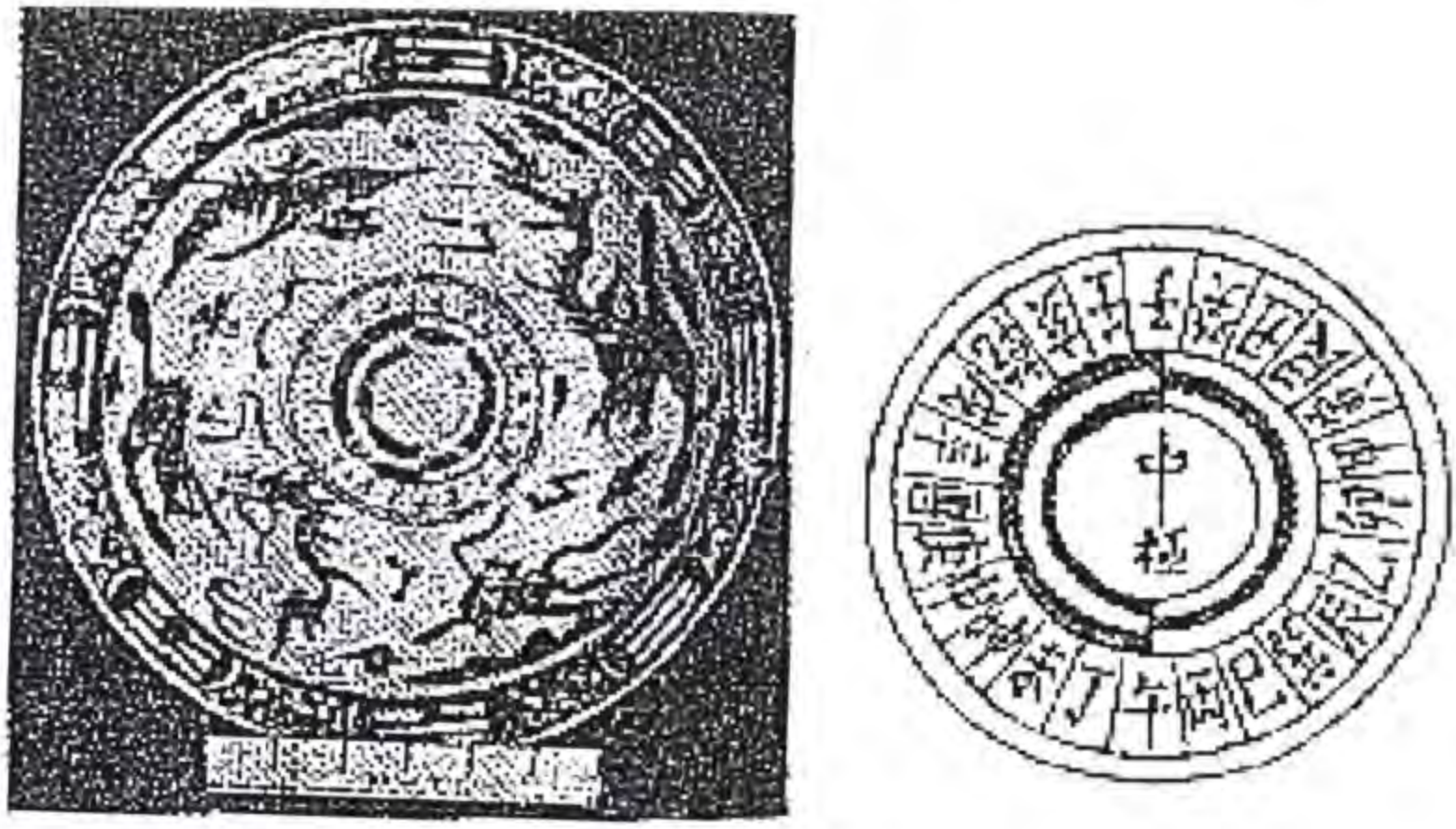
王振铎生前所收藏堪舆铜罗盘拓片，直径 13.2 厘米，中央水池径 4 厘米。所绘磁针极为类似考古出土辽金针碗底所绘图形，断为元代罗盘。

图 6-51　瓷盘式罗盘

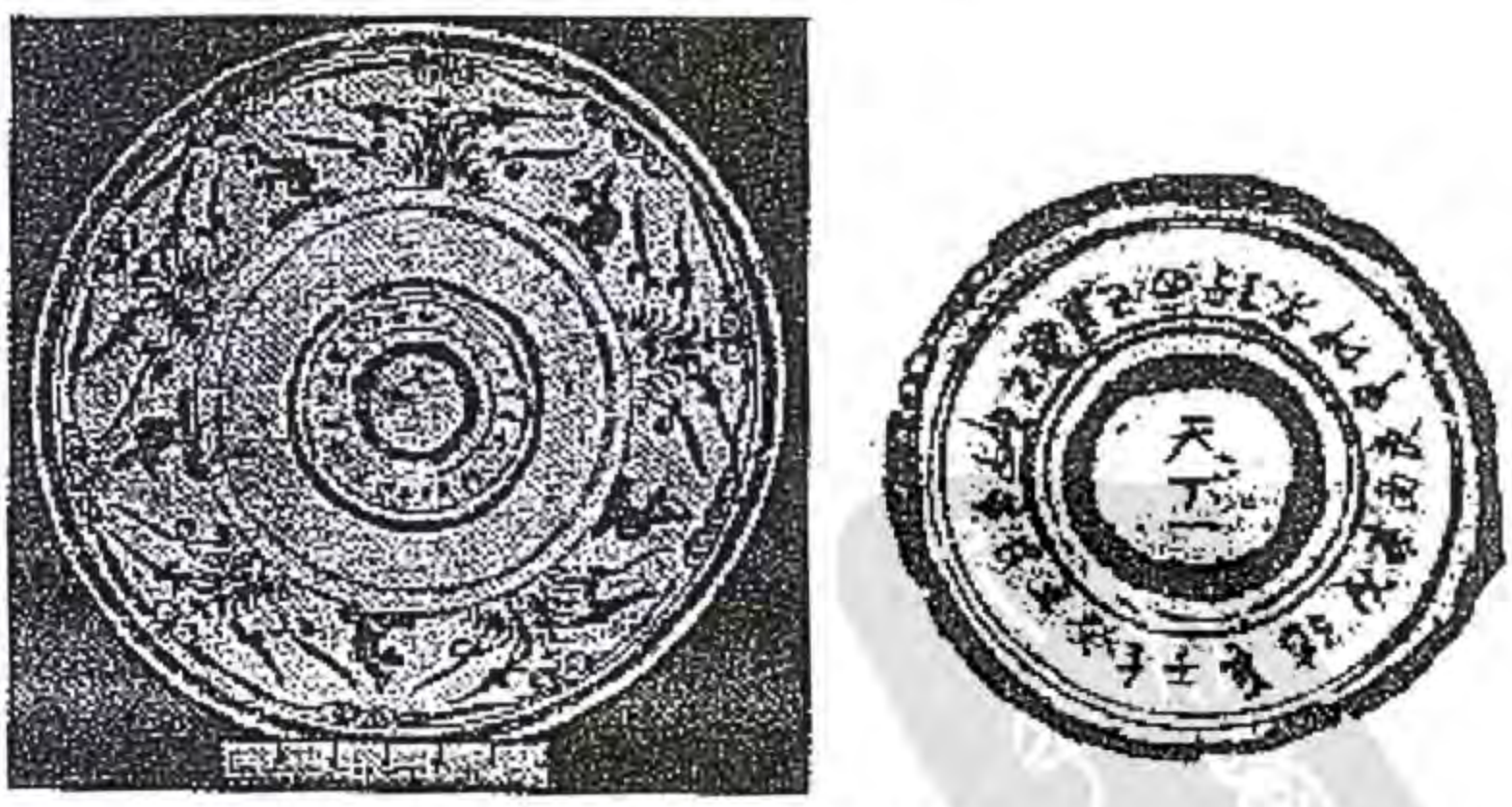
明代瓷盘式罗盘两个：（a）八卦瓷罗盘及其中央刻度盘放大图。口径 32.5 厘米，红、绿、黑三色釉彩，盘边绘八卦符。盘中央为罗盘二十四方位及阴阳套环，中心“中极”二字，“中”字一竖正对子午。（b）出水鲤鱼瓷罗盘及其中央刻度盘放大图，口径 38.5 厘米，红、绿、黑三色釉彩，盘外周绘水草、鲤鱼，盘中央为罗盘二十四

图 6-50　元代堪舆铜罗盘拓片

方位，其中心“天下一”三字，“下”竖划正对子午。两个罗盘均为华南窑烧制，航海所用。初由东南亚私人收藏，后由私人购回。今藏故宫博物院。



(a) 明代八卦瓷盘式罗盘



(b) 明代出水鲤鱼瓷盘式罗盘

图 6-51　瓷盘式罗盘

图 6-52　明代铜水罗盘

1950 年在北京发现的明代堪舆铜水罗盘，盘体青铜制造，盘面直径 8 厘米，中央水池径约 5 厘米，盘高 1.2 厘米。今藏中国国家博物馆。

图 6-52　明代铜水罗盘

图 6-53　明代航海用水罗盘

中国国家博物馆收藏此件明代航海用水罗盘，由盘体和盘盒两部分构成，通高 9 厘米，直径 14.4 厘米，其盘高 7 厘米，中央水池径 8 厘米，深 5.5 厘米。

图 6-53　明代航海用水罗盘

图 6-54　堪舆“三针”说

明代吴望岗《罗经解》绘堪舆“三针”总图。所谓“三针”指“正针”、“缝针”、“中针”。

图 6-54　堪舆“三针”说

图 6-55　清代旱罗盘

清代温州制旱罗盘。盘体为木制圆盒，外漆桐油，针圆槽底及壁面贴以锡片。磁针箭形，上有准线。盒体径 11 厘米，高 5 厘米，针槽径 6.2 厘米。今藏中国国家博物馆。

图 6-55　清代旱罗盘

图 6-56　清造指南针

乾隆间清宫造办处制指南针。针盘直径 0.9 厘米，内刻“E 东、S 南、W 西、N 北”字样，外饰珐琅桃心形。今藏台北故宫博物院。

图 6-57　清制陀螺地平仪

清乾隆敕撰《皇朝礼器图式》绘制“遊动地平公晷仪”，即今装入罗盘的陀螺仪，又称陀螺地平仪。

图 6-56　清造指南针

图 6-57　清制陀螺地平仪

图 6-58　保温器

1978 年湖北随县战国初年曾侯乙墓出土，古称“冰鉴”。由鉴体、镂空鉴盖、方尊缶、缶盖四部分套合而成。外层鉴体高 63.2 厘米，口径 63 厘米，直口深腹；其内置方尊缶，可盛酒或食物。方尊缶与鉴体之间的空间置冰，以防食物变质。全器纹饰繁缛，方尊缶的安置甚为考究。今藏湖北省博物馆。

图 6-59　省油灯盏

省油灯盏三种：(a) 1981 年四川崇庆县五道渠蜀汉墓出土铜玄武灯座，龟形底座，龟四脚着地，背盘长蛇，口衔耳杯。长 13.9 厘米，高 5.1 厘米。龟背中部出短管，以便往龟腹注入清冷水。1973 年在四川大邑县马王坟晚汉墓出土同样器物。今藏四川省大邑考古队。(b) 1971 年辽宁北票县水泉村 1 号辽墓出土青瓷盏，又称“摩羯灯”。高 9.5 厘米，长 14 厘米，宽 7.4 厘米；底座宽 4.4 厘米。灯腹分隔两部分，一边盛油点灯，一边盛水冷却。今藏辽宁省博物馆。(c) 四川邛崃县邛窑遗址出土宋代瓷夹盏。今藏四川省博物馆。

图 6-58　保温器

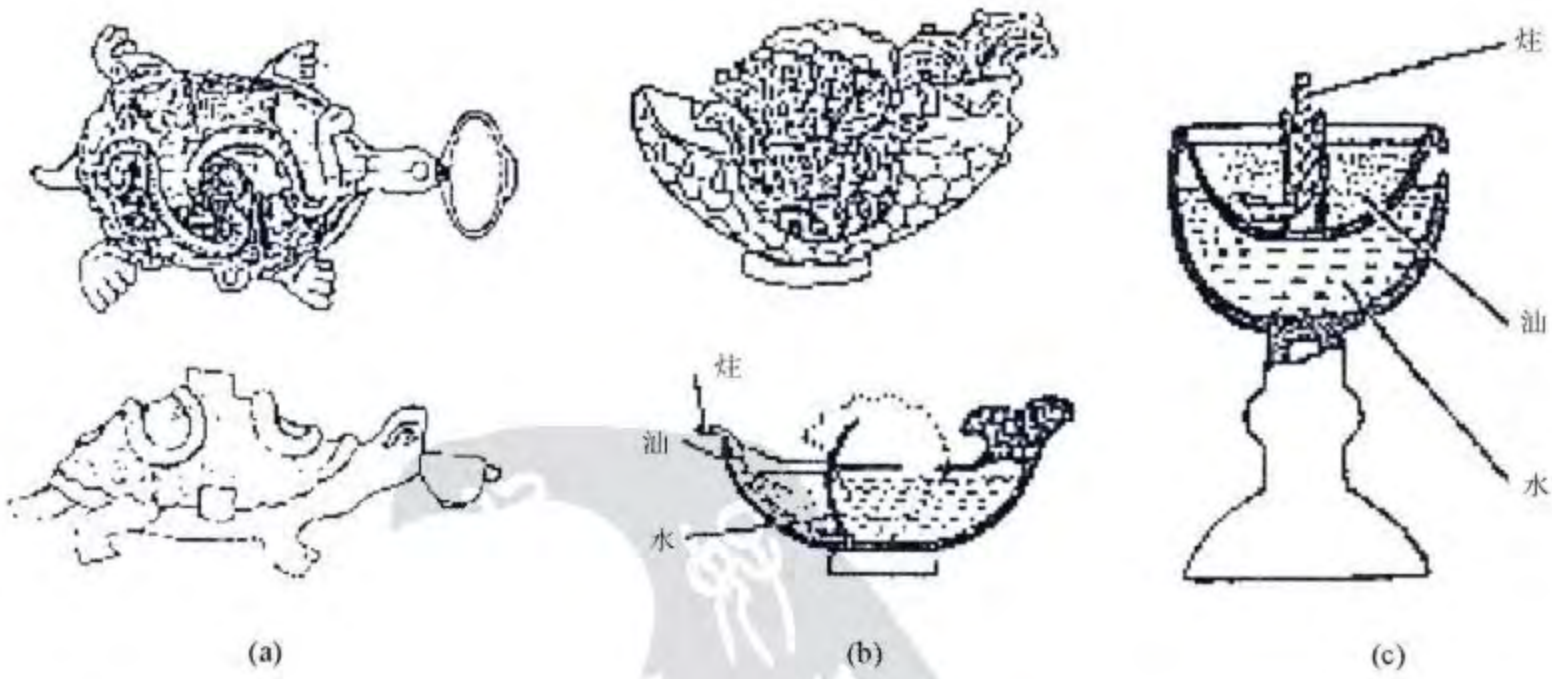


图 6-59　省油灯盏

第七章　化　学

中国古代化学包括两部分内容。一部分是纯粹化学的原始形态——炼丹术及其展示的物质观。另一部分是实现物质化学变化的某些生产过程，即广义的化工生产。然而，用图录形式展现中国古代化学成就有一定难度。

中国炼丹术在秦汉兴起，鼎盛于唐宋，南宋始走下坡，几乎延续了中国的封建时代。带走了无数生灵和无数物力的神秘实践，虽然没有获得长生不老的灵丹妙药，却也取得了多种合金和一些有用的药剂。特别是通过炼丹发明了黑火药的配制，为人类的文明做出了不朽的贡献。炼丹的实践，不仅是化学实验的原始形态，同时也帮助人们认识了许多物质的化学性质，由此积累起来的化学知识及其实验技巧为尔后近代化学的诞生奠定了坚实的物质基础。

由 1464 部著作汇成的《道藏》，虽然为后人留下了不少有关炼丹术的史料，但是由于隐晦和神秘，这些史料很难读懂，示意的图录更是少得可怜。为此本章除了收录其中仅有的插图外，还要从历史上的壁画、图画及出土文物的相关资料中寻找古代炼丹活动的踪迹。

实用化学的知识储藏在人类生活的方方面面。人类的文明史是从利用火开始的。火除了带来光和热外，还成为人类熟食和改变物质形态和性质的常用手段。正是利用火及其创造的高温，人类先后掌握了制陶术、冶金术，逐渐认识了许多物质的化学变化，并利用这种变化生产出新材料和新工具。正是这些新材料和新工具的应用提高了人们的生存能力和生活质量，创造了人类文明史上的新石器时代、青铜时代、铁器时代。

陶瓷技术、冶金技术都是以改变物质化学属性为前提的生产技术，属广义的化工技术。这两种技术作为重要的生产手段已壮大独立，本书单列篇幅予以介绍。本章着重介绍那些基础的，又与人们日常生活密切相关的化学物质，例如盐、糖、酒、染料、颜料等化工生产。

食盐其主要化学成分为氯化钠，是人类和一切动物生命的必需，自古以来，人们就视食盐的开采、供销为社会生产的重要内容。本章分别陈列古代中国相关海盐、池盐、井盐的生产图景，从中不难看到人类利用自然力的智慧。

食糖可以通过多种途径获得，例如天然的水果，蜜蜂采集的蜂蜜，加工谷物而得的饴糖，特别是来自甘蔗的蔗糖。可惜的是中国古代关于食糖制取的画面不多，本章仅列出两幅。

酒是一种特殊的饮品，它不仅是人们物质生活和精神生活的重要点缀，同时已溶入民俗民风之中。中国古代有关饮酒的诗词画刻很多，可是描绘酿造技术的图示却不多。本章所收集的画面主要来自考古和出土文物，它们主要展示的是酿酒技术。

墨实际上是一种与文化关系最密切的颜料。文房四宝之一的墨块在中国传统文化中有着独特的形象，它的制造和使用，对于雕版印刷——活字印刷术的发明有着重要的联系。本章展示的制墨技术也可窥测制墨工艺的奥秘。

在金属表面鎏镀金银在战国时期已开始风行，这一技术的关键就是利用汞金属与其他金属熔合特性，表明中国古代的汞化学有了相当的成就。

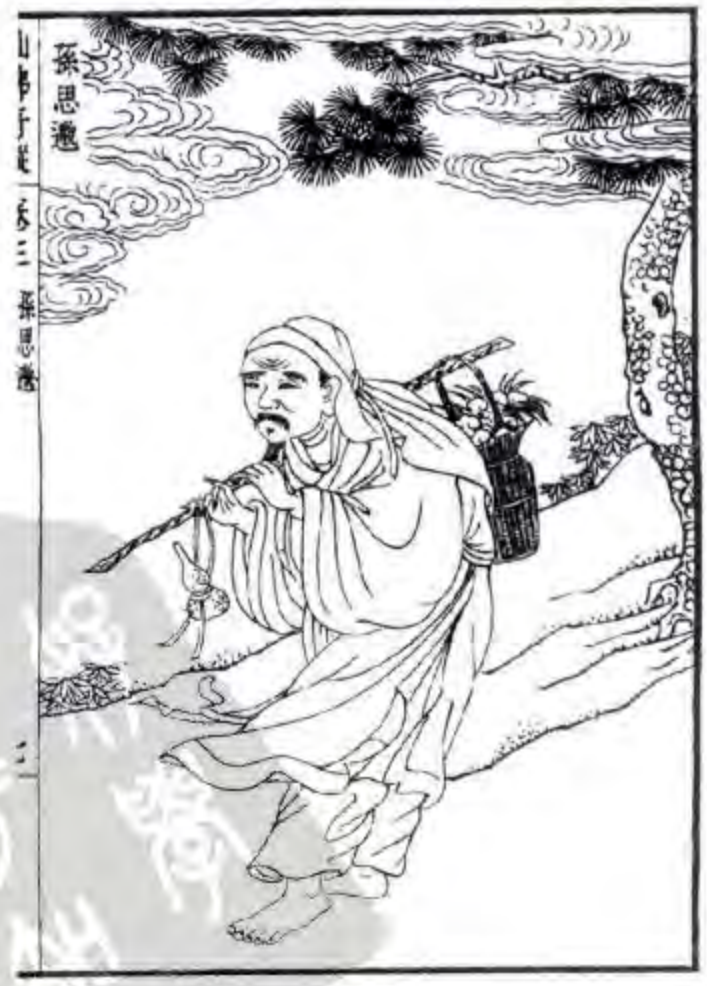
图 7-1　《道藏》著作中著名炼丹家的画像

汉淮南王刘安（公元前 179～前 122），笃好方术，招宾客数千人，且有卖弄神仙幻术，炼制丹药的方士。刘安主持纂修《淮南子》内、外篇、《淮南万毕术》以及《枕中鸿宝苑秘

(a) 刘安

(b) 魏伯阳

(c) 陶弘景



(d) 孙思邈

图 7-1　《道藏》著作中著名炼丹家的画像

书》，言神仙黄白之术二十余万言。画像录自李攀龙序《有像列仙全传》明万历二十八年刊本，收入郑振铎编《中国古代版画丛刊》第三册，上海古籍出版社，1988 年。

魏翱，字伯阳，（约 100～约 170），自号云牙子，上虞人，生活在公元 1 世纪末到 2 世纪中。曾为桓帝时洛阳令，后弃官归隐，研究炼丹术。著有《周易参同契》，该书是道教丹鼎派流传至今最早的一部理论性著作。它综合了易说和图纬之学、黄老之辞以阐明炼丹的原理和方法，还以丹鼎歌简略介绍了丹鼎的构造、规制。画像引自《有像列仙全传》。

陶弘景，字通明（456～536），丹阳郡秣陵（今江苏南京）人。齐武帝（483～493 在位）时他曾为诸王的侍读，兼管王室的牒疏章奏，直到 36 岁才授“奉朝请”，颇不得志。遂于 492 年入句曲山，开始隐居修道生涯。后梁武帝曾招聘他，他坚辞不应。只好每遇国家大事，必遣人专访咨询，故世人称他为“山中宰相”。陶弘景隐居茅山，修炼诚笃，导引行气锻炼，同时从事炼丹活动，完成许多炼丹和服食论著，成为继葛洪之后，南朝最有影响的炼丹实践者。画像引自《喜咏轩丛书·仙佛奇踪》（1927）丁卯武进陶氏印。

孙思邈（约 581～682），隋开皇元年出生在一个较富裕的农民家庭。少年时体弱多病，遂使他对医书产生兴趣。成年后钻研医学，收集经方，给邻里看病，也治愈了自身的疾病。30 岁起，为采药，他长途跋涉，到过不少名山大川，后来定居太白山，研制丹药。到 40 岁时，他切脉诊候，采药合和，服饵节度也是里手。50 岁时已成享誉朝野的名医。约在 60 岁时，将经验加以整理总结，10 年后完成巨著《备急千金要方》，后又完成《千金翼方》，后人誉其为药王。画像引自《喜咏轩丛书·仙佛奇踪》。

图 7-2　《道藏》著作中的炼丹器具

反应器从上下釜发展到各式合子，这些合子都称作神室。那些内填药料用以火养（加热）的合子则称作匮（即柜）。图 7-2（a）所展示的神室，小匮录自《道藏》洞神部众术类（总第 599 册）的《太极真人杂丹药方》。丹台是指放置丹炉的设置。龙虎丹台：“炉下有坛，坛高三层，各分四方，而有八门。”在宋代，丹家往往把水鼎和火鼎合铸在一起，构成一整体，再围成罩形。既济炉、未济炉就是这类丹炉。丹炉中有许多形状各异的蒸馏器，它们大多用于升华物质之用。

涌泉匮是按唐元和中赵耐庵所撰《见宝灵砂浇淋长生涌泉柜》记载绘制。该书收录于《铅汞甲庚至宝集成》卷 1 中。见《道藏》洞神部众术类（总第 595 册）。

图 7-2（b）龙虎丹台摘自宋·吴悮《丹房须知》。见《道藏》洞神部众术类（总第 588 册）。丹坛布局摘自《感气十六转金丹》，见《道藏》洞神部众术类（总第 591 册）。

图 7-2（c）飞汞炉摘自宋·吴悮《丹房须知》。

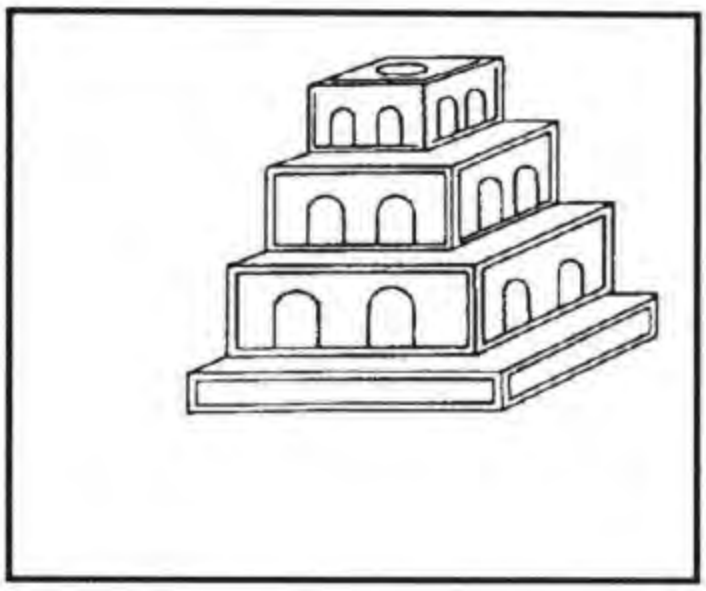
图 7-2（d）既济炉摘自《丹房须知》。

图 7-2（e）未济炉摘自南宋白玉蟾所校《金华冲碧丹经秘旨》，见《道藏》洞神部众术类（总第 592 册）。

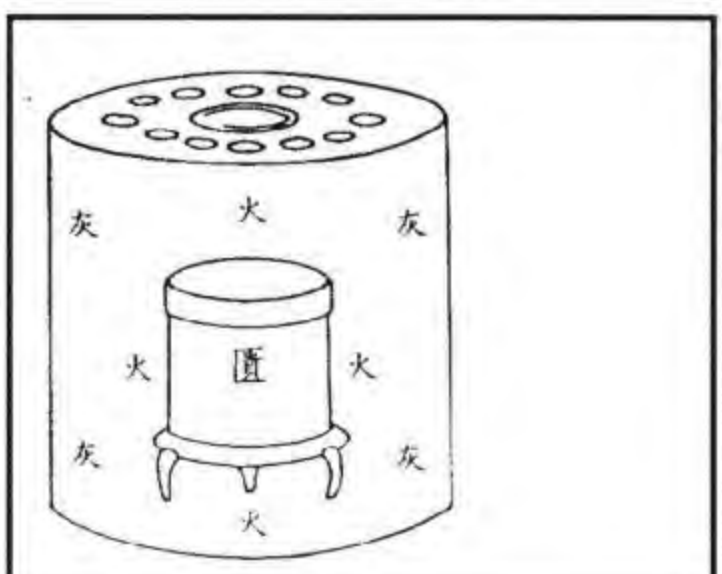
图 7-3　出土的唐代炼丹药物及器具

1970 年在陕西省西安市南郊何家村一唐代窖藏中出土一批炼丹、制药的器具。它们有银质石榴罐、银制的暖药器具（高 7.6 厘米、口径 10.7 厘米、柄长 19.1 厘米）和几件银药盒（其中一件高 6.4 厘米、口径 16.7 厘米）。药盒内不仅有药料，如次上乳、光明砂、琥珀等，而且还标明药名和分量。现存陕西省博物馆。

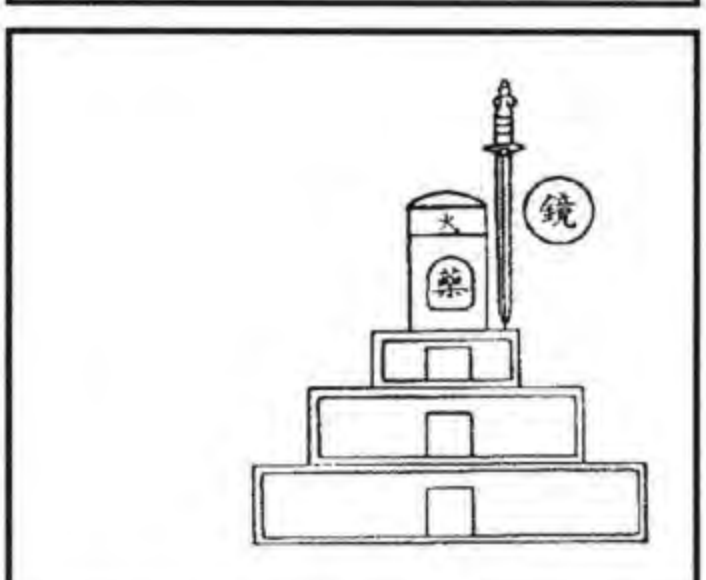
(a) 三个小匮(上)、涌泉匮(下)



(b) 龙虎丹台(上)、丹坛布局(下)



(c) 飞汞炉



(c) 未济炉

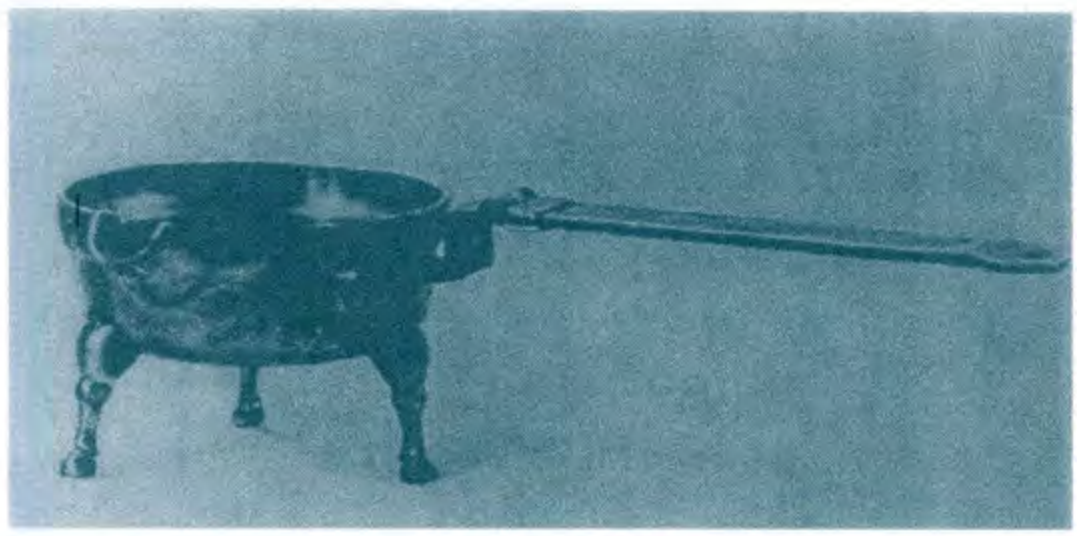
(d) 既济炉

图 7-2 《道藏》著作中的炼丹器具

(a) 次上乳

(b) 光明砂

(c) 银质石榴罐



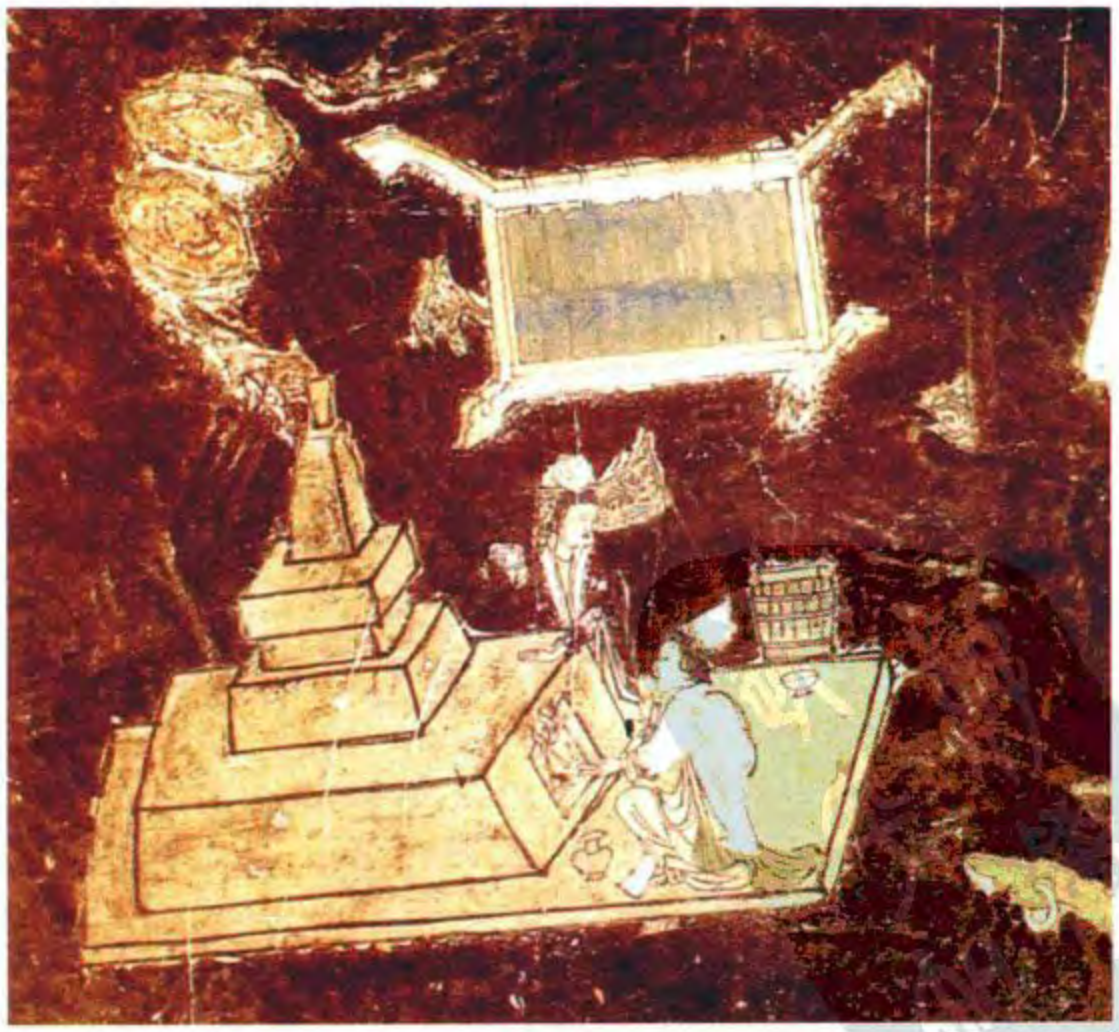
(d) 暖药器具

图 7-3 出土的唐代炼丹药物及器具

图 7-4 壁画和插图中的炼丹活动

图 7-4（a）是甘肃省万佛峡（榆林窟）石窟西夏壁画。画中从环境、设备及操作场面看，可能是描述当时炼丹的一种情景。

图 7-4（b）是《道藏》的插图，无论是画面还是图中文字，都在表示炼丹家对炼出金丹的向往。



(a) 西夏壁画中的炼丹图

(b) 《道藏》中的灵丹入鼎图

图 7-4　壁画和插图中的炼丹活动

图 7-5　明代的制药与炼丹

明代刘文泰彩绘本《本草品汇精要》中许多插图包含着丰富的古代化学知识，下面仅选几幅与炼丹相关的制药画面。在明代，绝大多数人对长生不死的神丹已不迷信，故炼丹明显地转向了制药，这些图画正反映了这一状态。该书现藏中国国家图书馆。

(a) 玄明粉炮制图

(b) 胡粉炮制图

(c) 炼灵砂

(d) 升轻粉

图 7-5　明代的制药与炼丹

图 7-6　名画中的炼丹与制药的信息

图 7-6（a）是明代著名画家唐寅所画的烧药图，今藏故宫博物院。从画面可以判定烧药是在郊外僻静之处，烧药的设施和方法类似于炼丹，可见烧药中炼丹的遗影。图 7-6（b）是清代画家黄慎所作的炼丹图，今藏台北故宫博物院。可见在当时画家心目中的炼丹图景，这里充满了神秘和冒险。

(a) 烧药图

(b) 炼丹图

图 7-6 名画中的炼丹与制药的信息

图 7-7 宋代的池盐生产

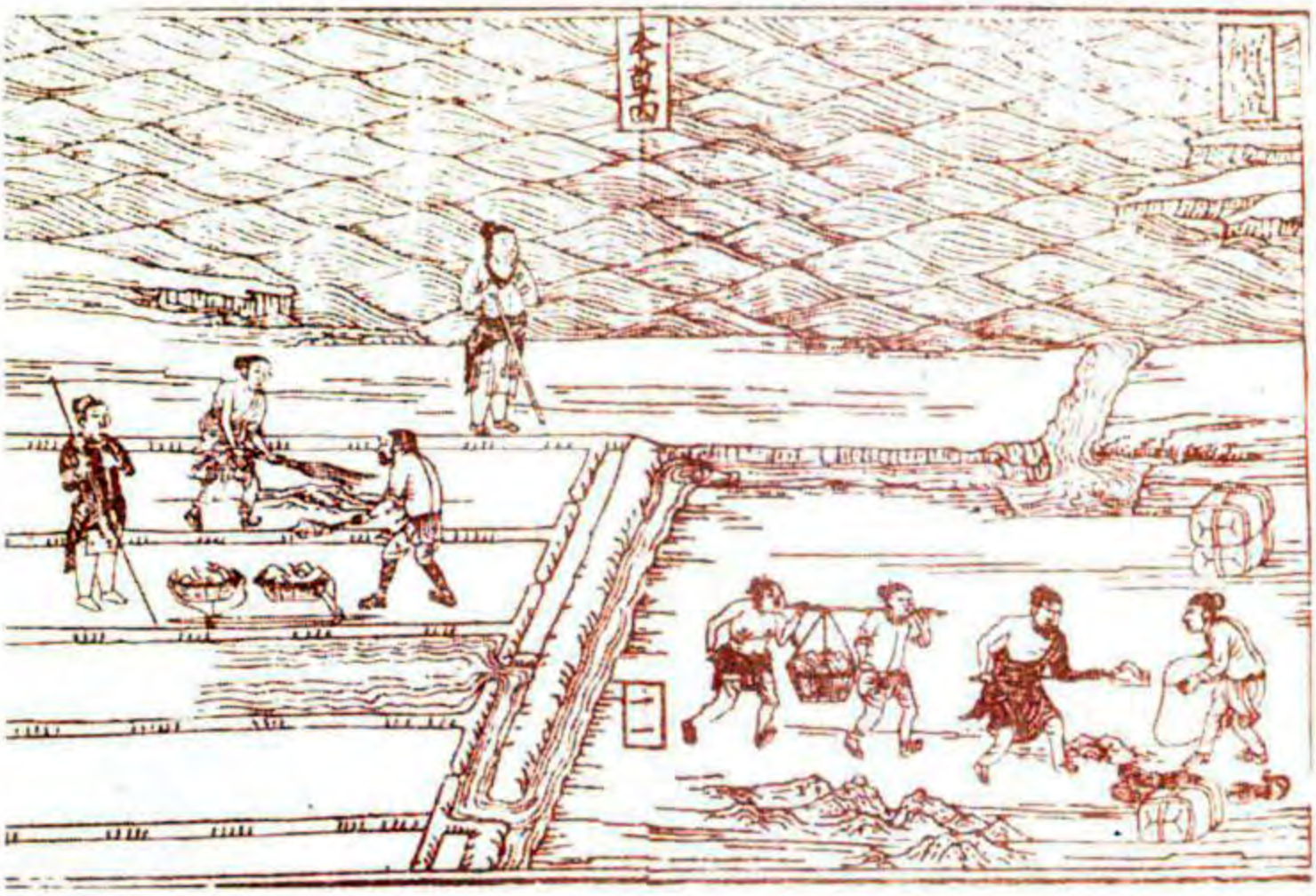
这两幅出自宋代唐慎微撰的《重修政和经史证类备用本草》[元至正间（1341～1367）重刊本]中的插图，描绘了宋代山西运城解池湖盐的生产。前者表明宋代的湖盐生产已完全从采集湖中结晶盐块发展到垦畦汲卤，晒制湖盐的技术水平。后者展示了盐工们将晒制成的湖盐交官吏过秤收藏的情景。政府正是通过对食盐的课税和专卖，获取财政的重要收入。

图 7-8 河东盐池图碑

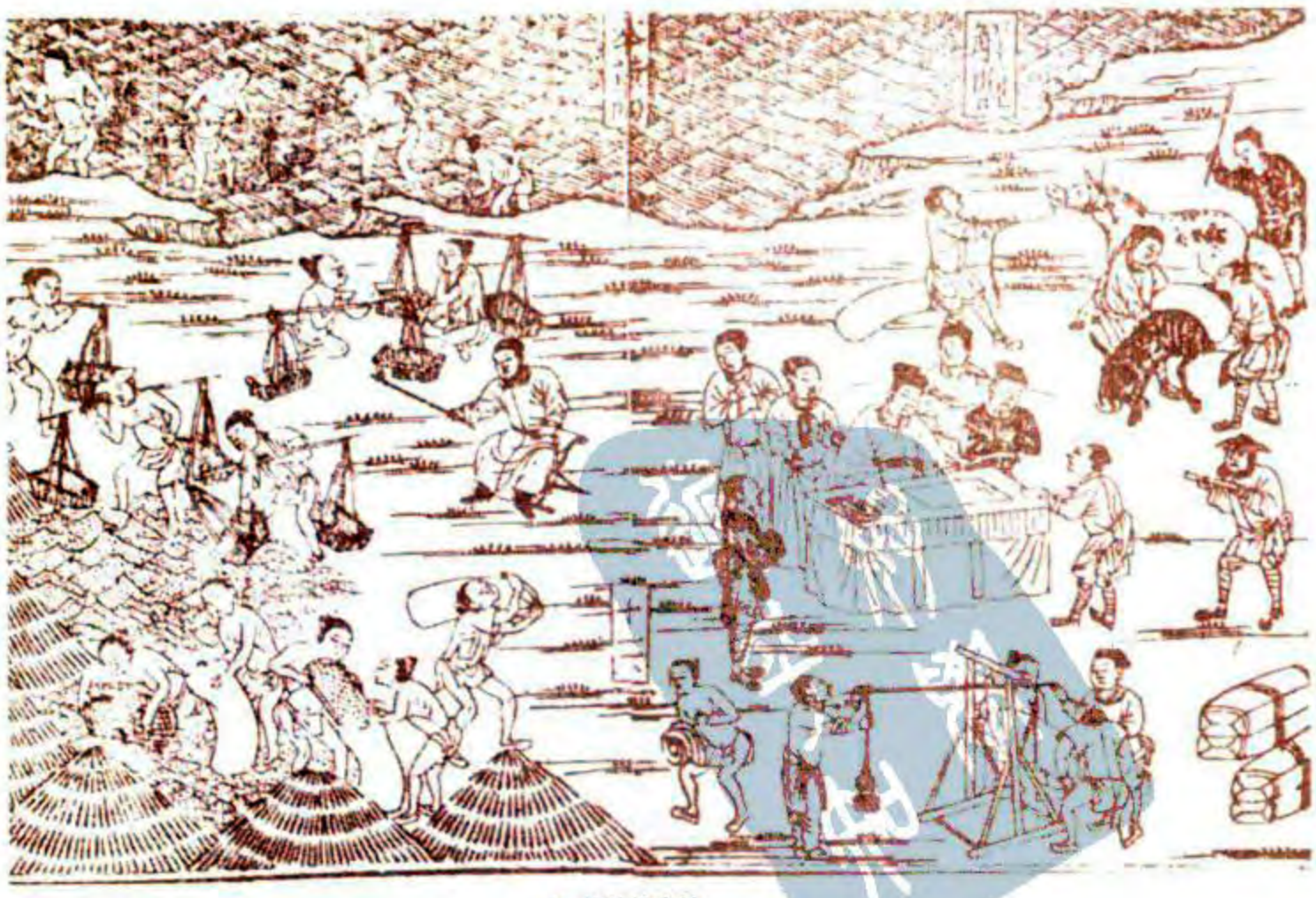
《河东盐池之图》碑，刻于明神宗万历二十五年（1597），碑高 1.03 米，宽 1.70 米，下有座基。碑左侧为河东巡盐御史吴楷撰写的《南岸采盐图说》。

该碑虽历经 400 多年，风剥雨蚀，图文依然可识。它是现存的一幅十分完整的，有关盐池的地理位置、环境、建筑群落，盐政设施的地形图，图文并茂，形象生动，写意逼真，历史地展现了明代潞盐生产的真实场景及盐丁辛劳操作的一斑。

该碑是研究明代盐池生产的珍贵的实物史料，原存于山西省运城市盐池北畔卧云岗的池神庙内，现由运城市博物馆收藏。

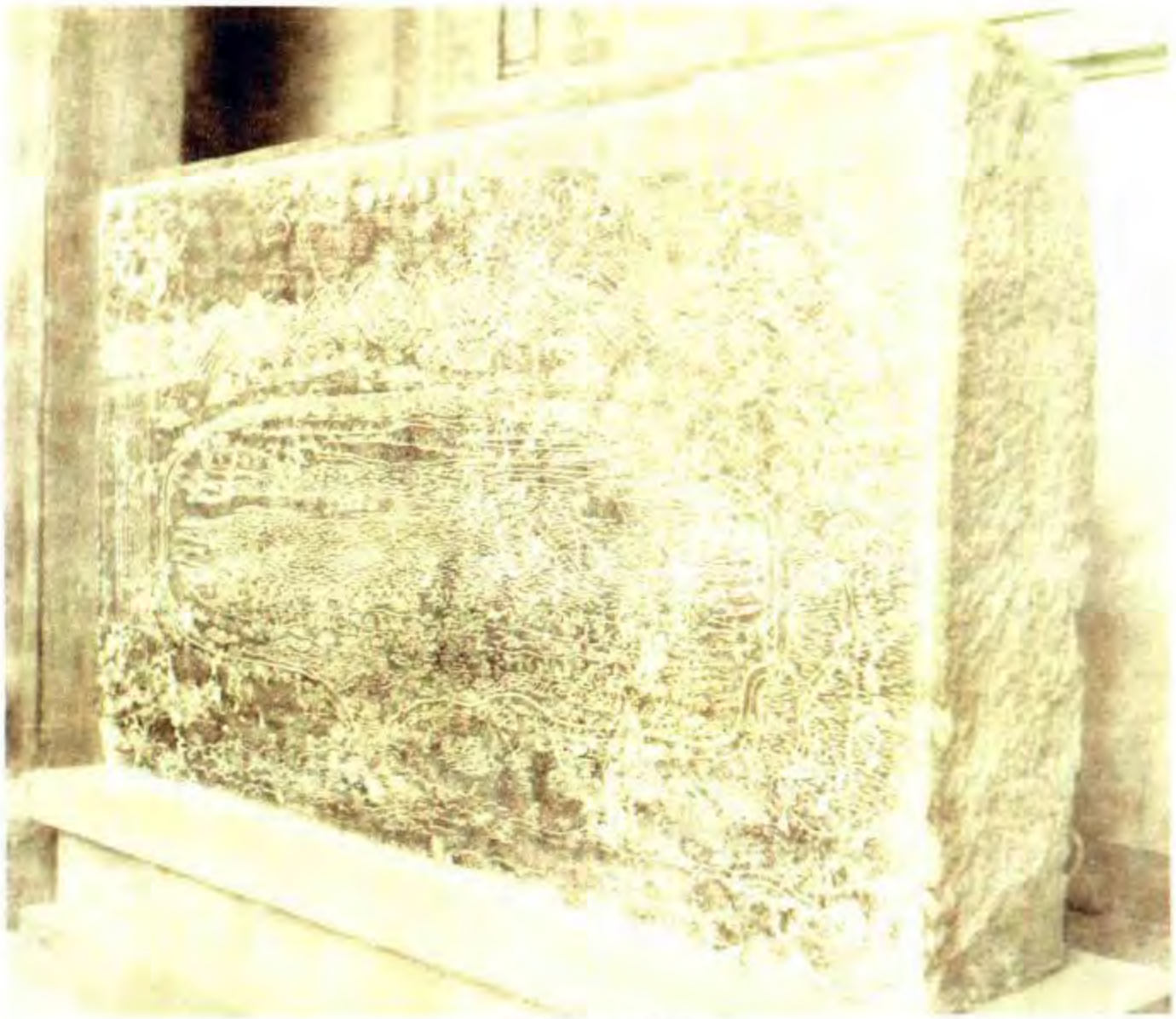


(a) 解盐的生产

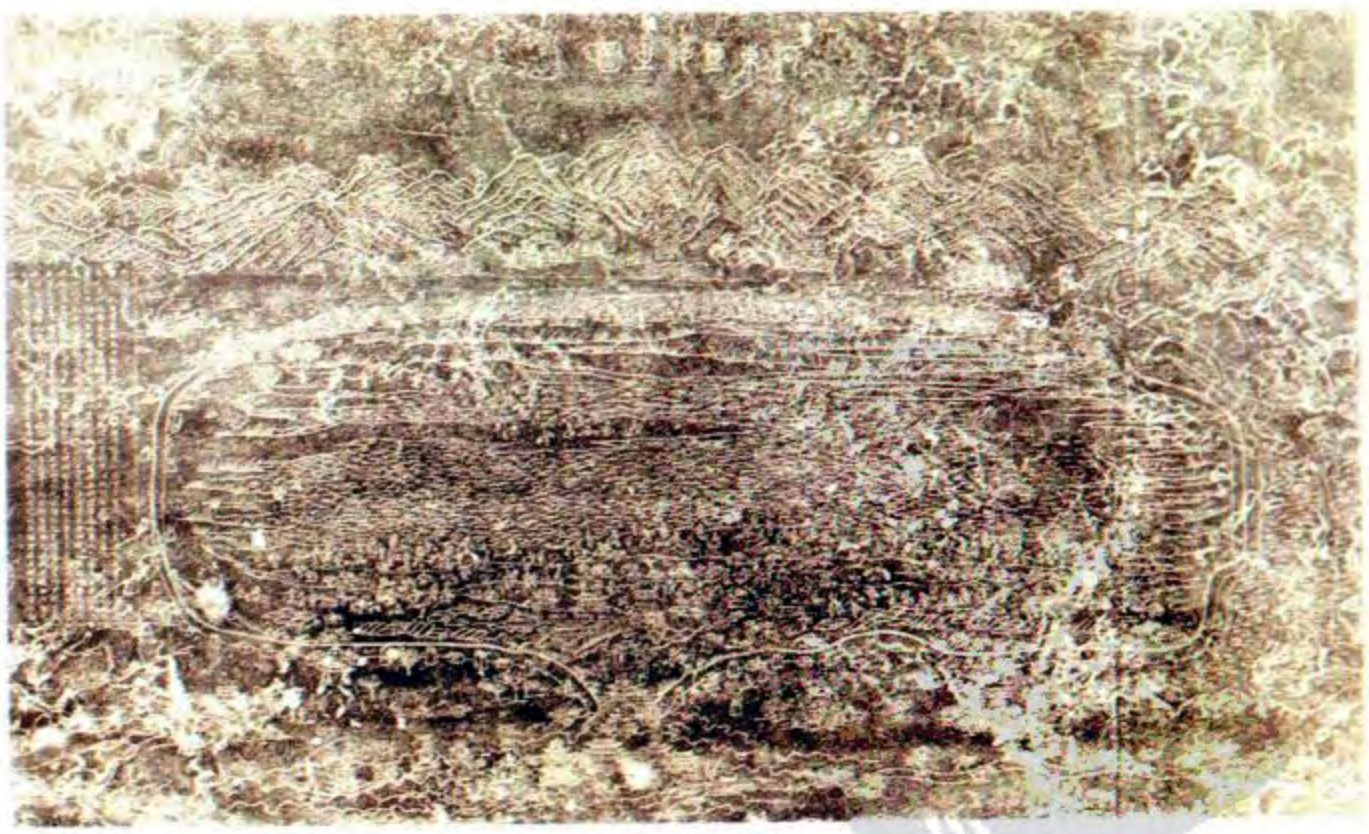


(b) 解盐的交纳

图 7-7　宋代的池盐生产

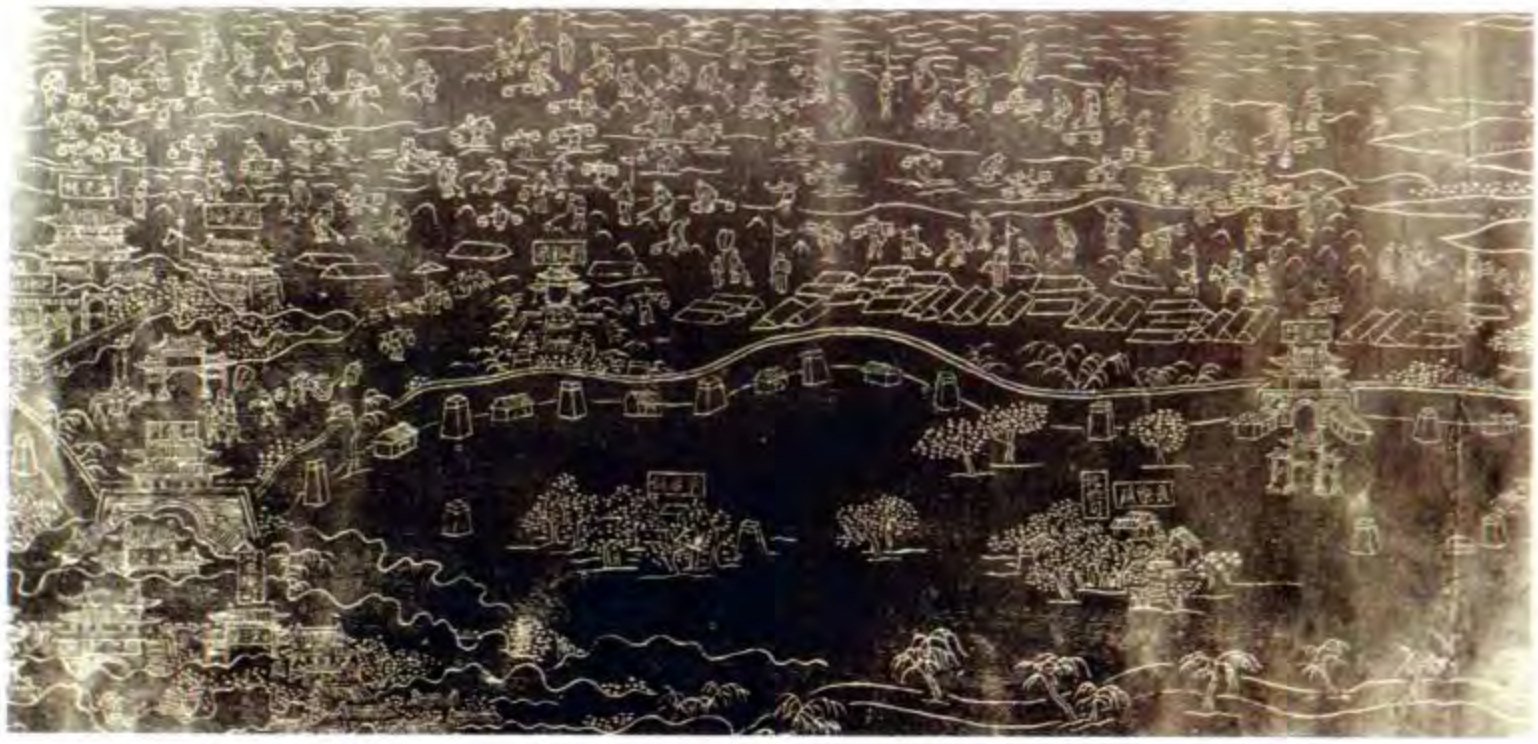


(a)《河东盐池之图》碑



(b) 盐池全图

(c) 图碑(局部一)



(d) 图碑(局部二)

图 7-8　河东盐池图碑

图 7-9　宋代的海盐生产

这幅来自宋唐慎微撰《重修政和经史证类备用本草》的插图（1249 年翻刻本）描绘了宋代的海盐生产图景。从画面上可以看到制卤熬盐的生产过程。右图盐工掏上来的应是已经初步浓缩的海水（即卤水）。因为这卤水池并不与海水直接贯通。左图中，卤水也不是直接倒入熬盐的牢盆中，而是又经加热浓缩。

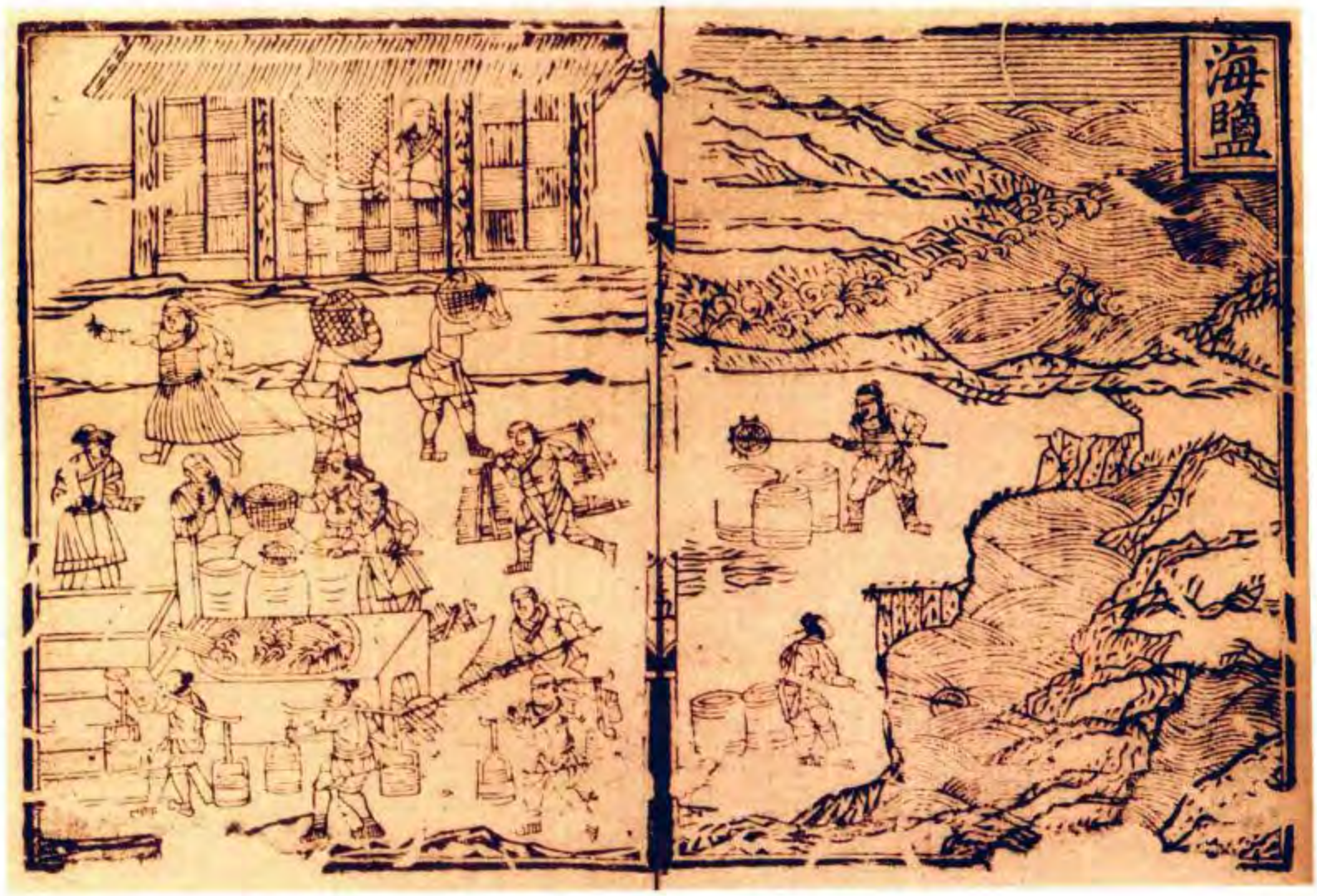


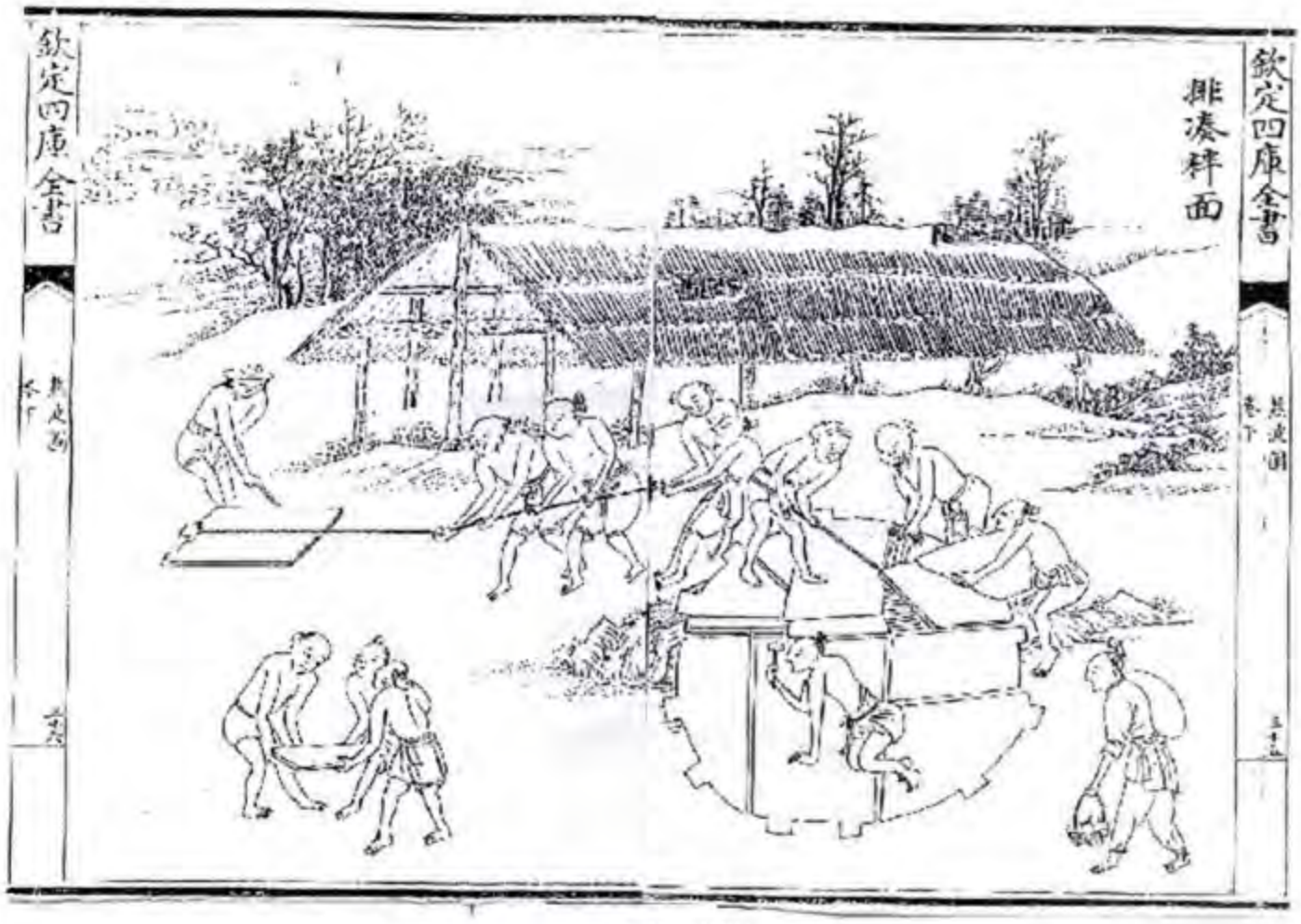
图 7-9　宋代的海盐生产

图 7-10　《熬波图》所介绍的海盐生产

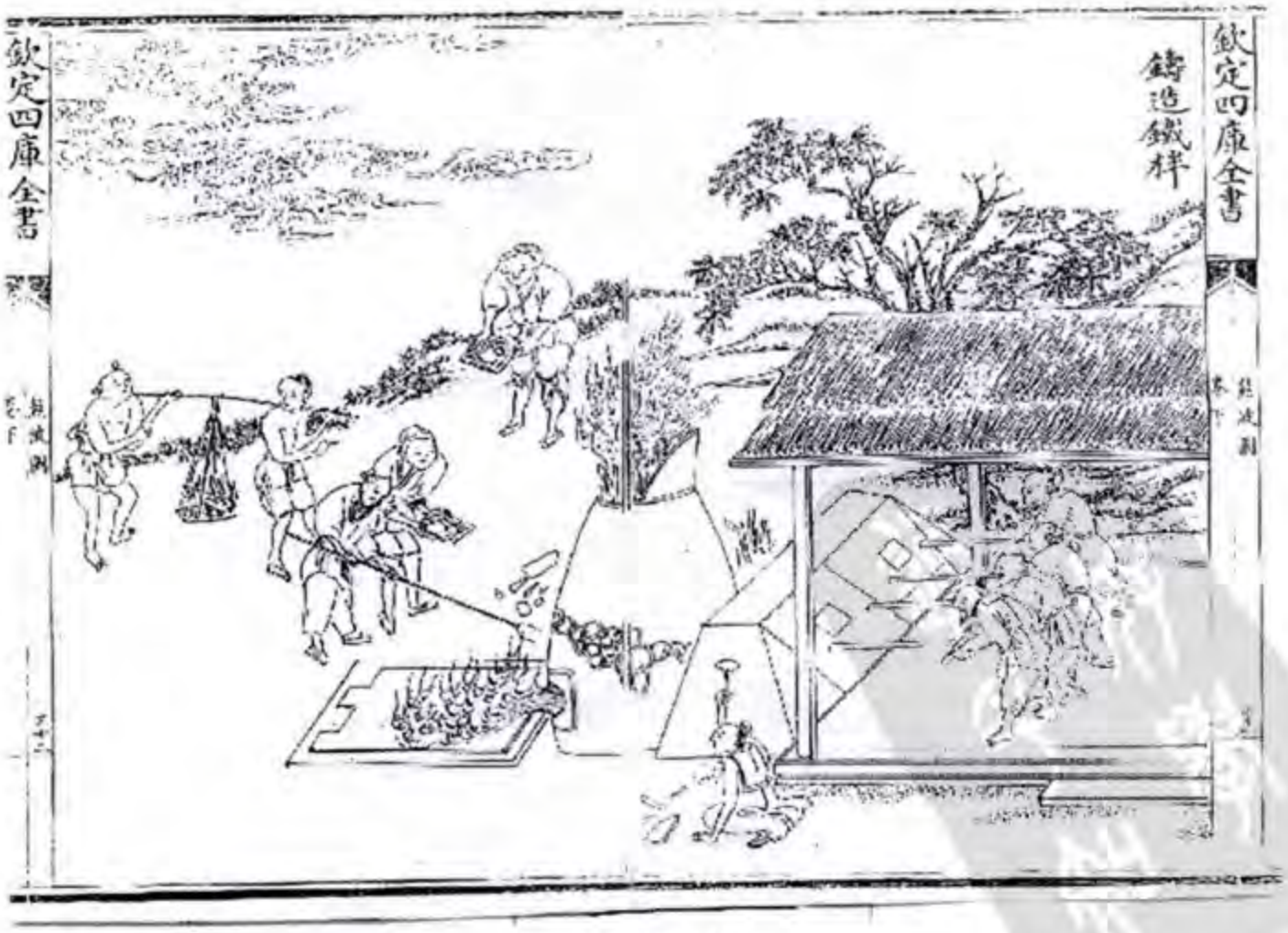
元代陈椿所撰《熬波图》，是陈椿据浙西唐守义所作《熬波图》草卷，加以补充完善而成。是实录宋元时代海盐生产技术的专著，内容详尽直观，具有较高的史料学术价值。刊行于元统年间（1333～1335）。该书以图为主，辅以文字说明，形象地展示了当时海盐生产的风貌、工序和技术。原有图 47 幅，现传本均缺 5 图。47 幅图大致分为 12 组，分别表示一种生产工序。本章由于篇幅所限，仅选刊海盐生产技术中关键技术四幅。该画录自《四库全书珍本》史部政书类第十一集第 396～397 册，台湾商务印书馆。

图 7-11　清代的海盐生产

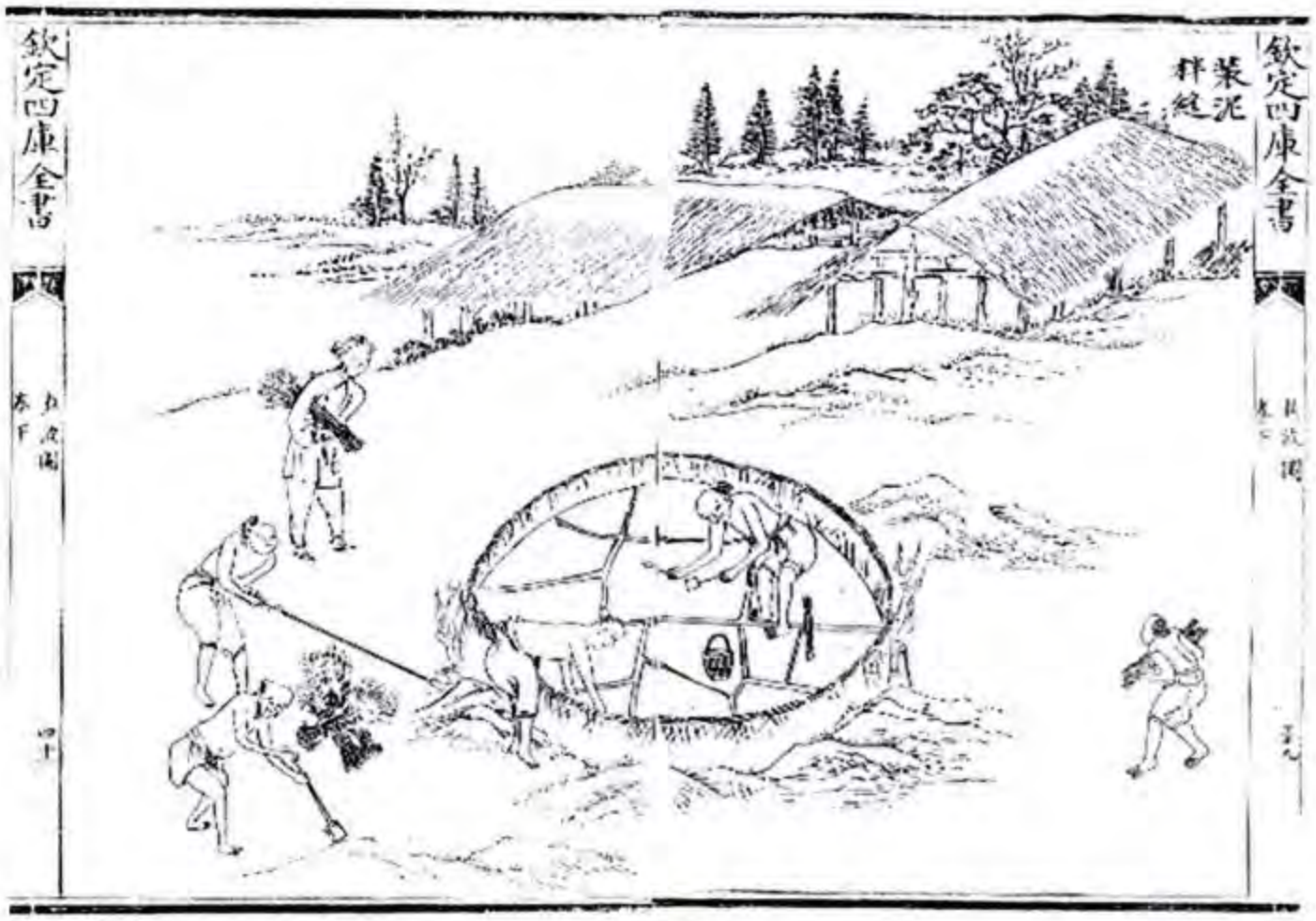
在这两幅图中，都看不到熬盐的情景，表明当时晒盐工艺已取代了煎盐工艺。这种取代始于元代的福建盐场。明代中叶，晒盐技术得到全面的推广。晒盐工艺不仅节约了燃料和材料，并充分地利用大自然的热能和风能，充分展示了人的智慧，是制盐技术一大进步。图 7-11（a)取自孙家鼎等纂修《钦定书经图说》，光绪三十一年刊印。图 7-11（b）选自乾隆初年。彩绘纸本《台湾总图》。



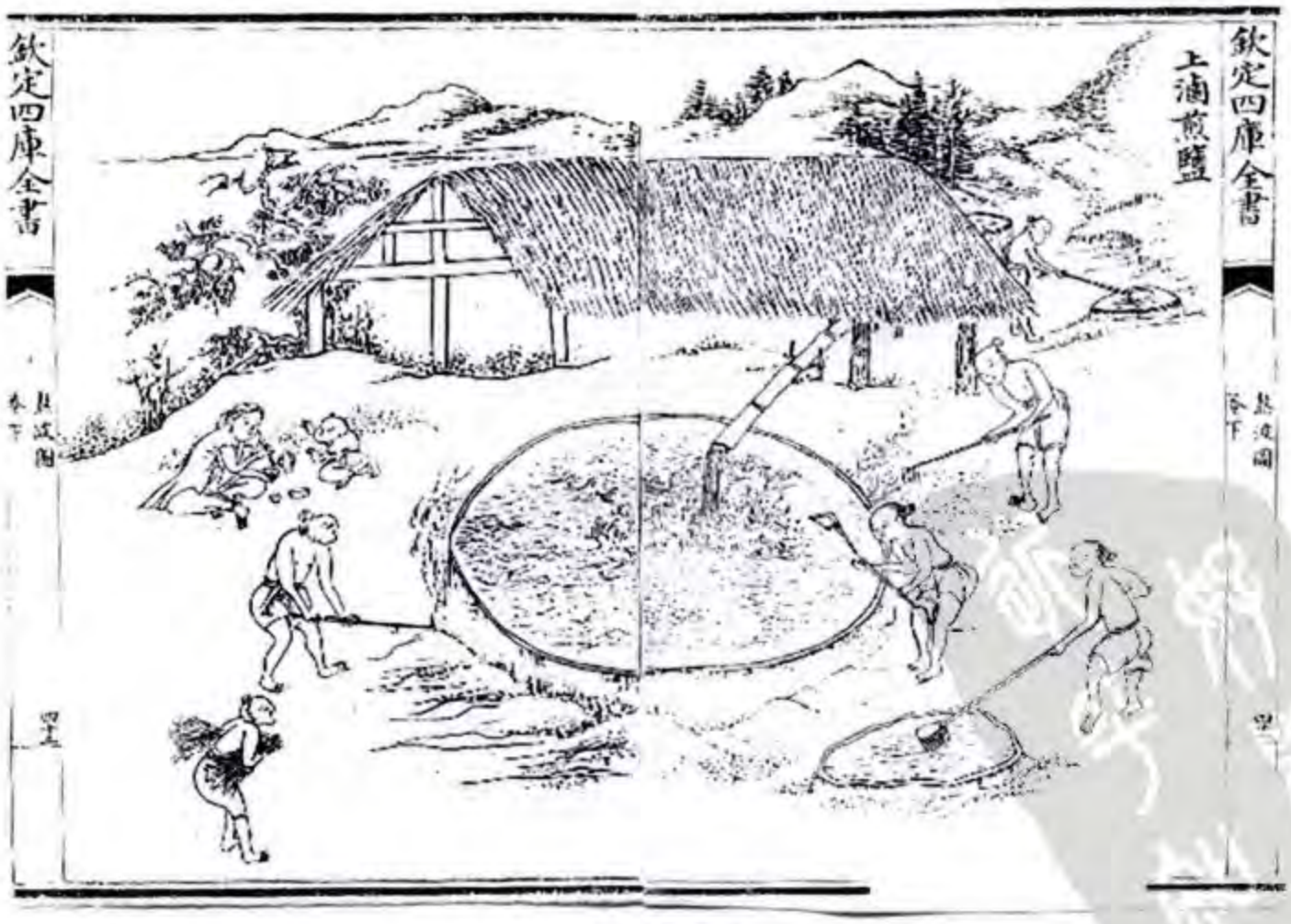
(a) 排湊枠面



(b) 铸造铁枠

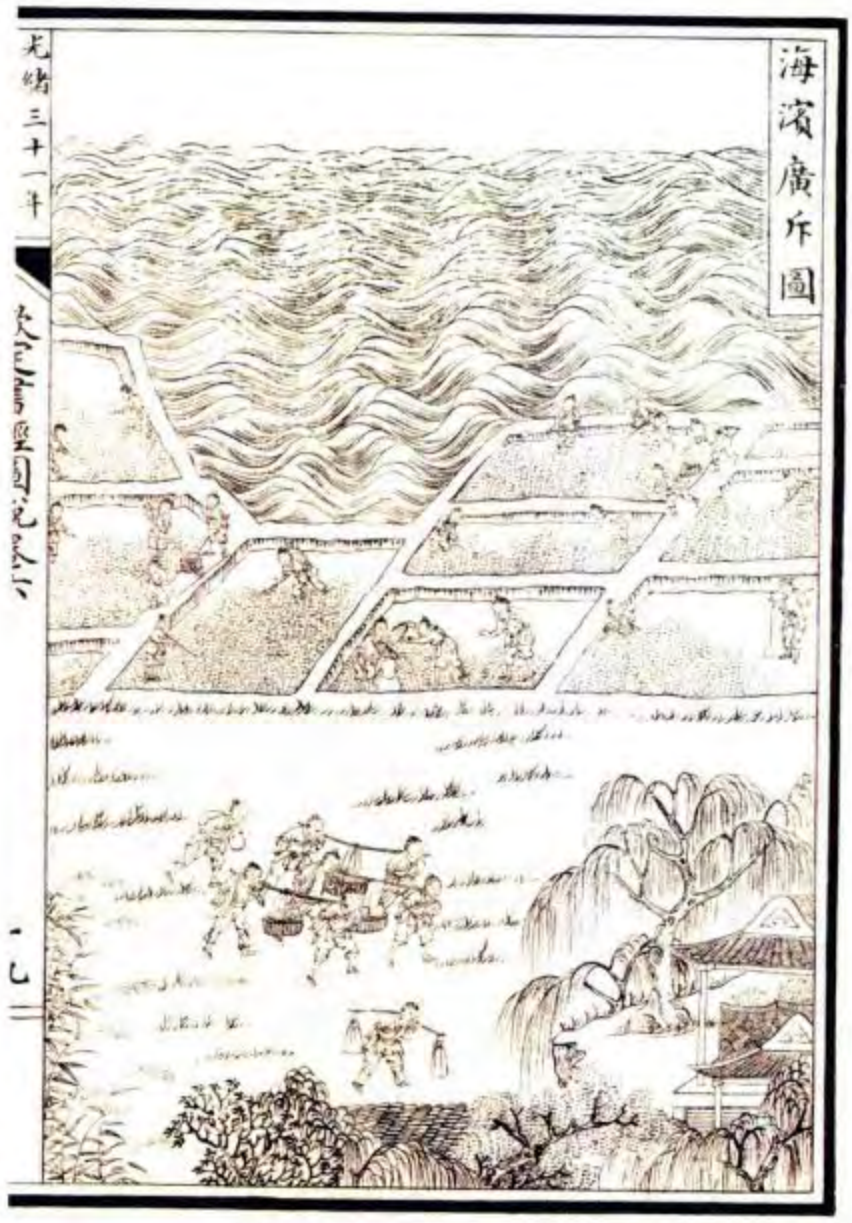


(c) 装泥梓缝



(d) 上卤煎盐

图 7-10 《熬波图》所介绍的海盐生产



(a) 《钦定书经图说》卷六“海滨广斥图”

(b) 台湾总图之重修洲南盐课馆图(清)

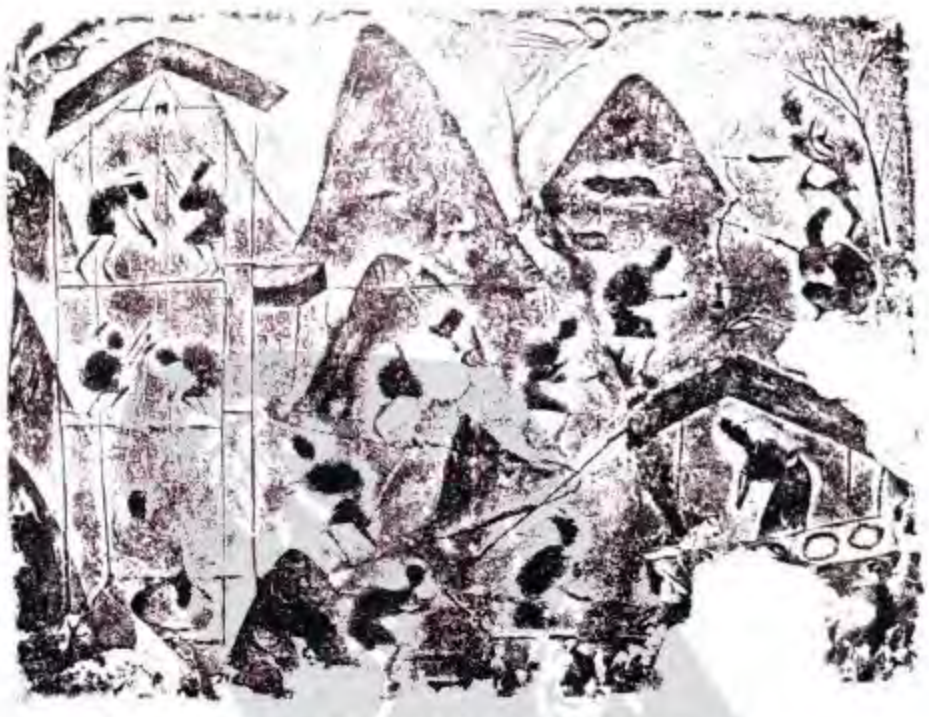
图 7-11 清代的海盐生产

图 7-12　东汉画像砖中的井盐生产

图 7-12（a）为东汉画像砖，出土于四川成都羊子山。长 40.8 厘米，宽 46.7 厘米，现收藏在重庆博物馆。图 7-12（b）为其拓片，该画像砖描绘了汉代采制井盐的生产全景。左下为井架，四人以辘轳汲盐水，枧筒引流，蓄于右下方池中。再经炉灶熬制成盐。后景为飞鸟走禽的山林及猎户。图 7-12（c）为出土于四川邛崃县花牌坊的东汉画像砖，长 36.5 厘米，宽 46.6 厘米。左为高大井架的盐井，二层上有四个盐工正在汲盐卤，右下角竹篷下有个煮盐灶，背景也是山峦林木。现存四川省博物馆。

(a) 四川成都羊子山东汉盐井画像砖

(b) 四川成都羊子山东汉盐井画像砖拓片

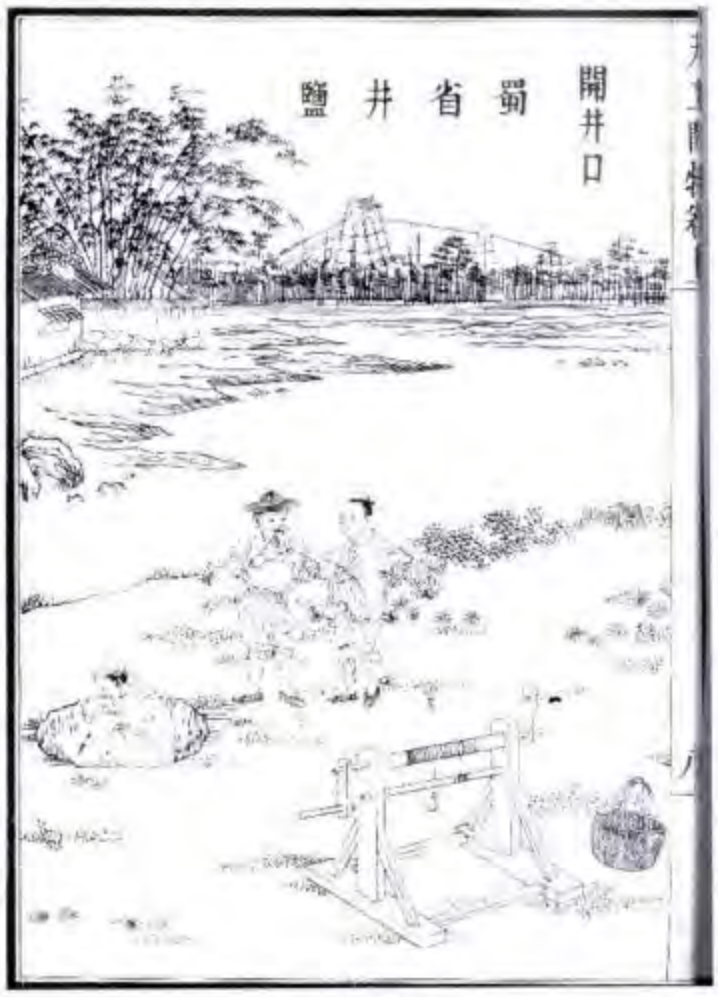


(c) 四川邛崃县东汉盐井画像砖拓片

图 7-12　东汉画像砖中的井盐生产

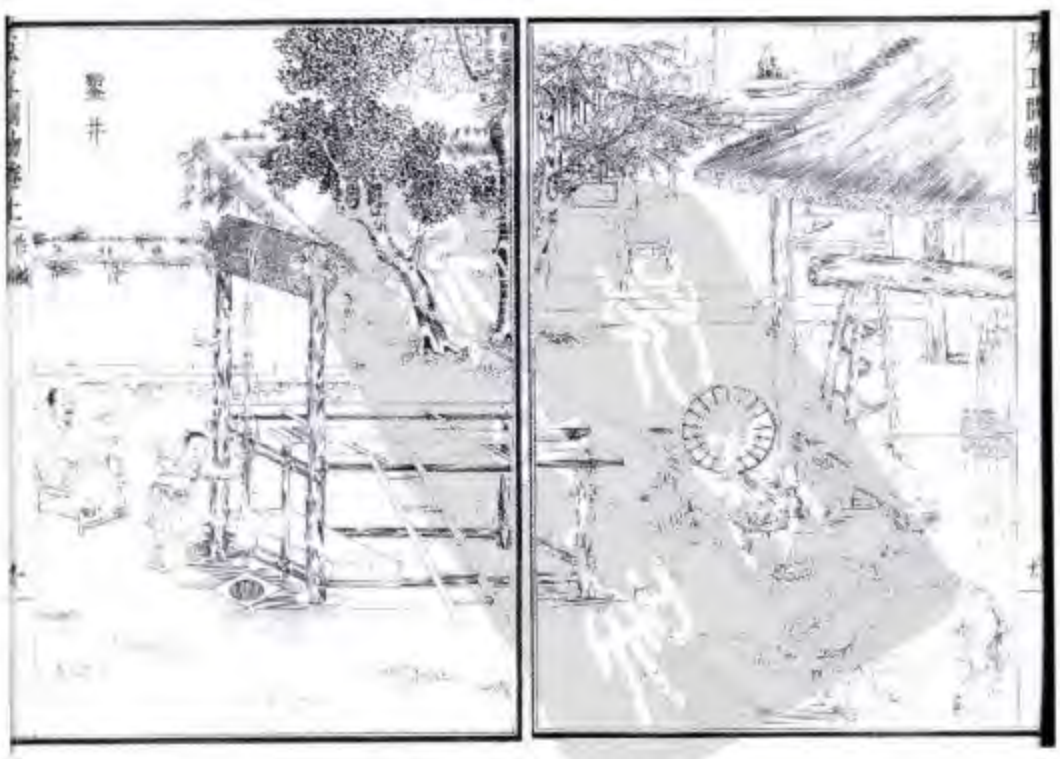
图 7-13　《天工开物》所描述的井盐生产

明代宋应星（1587～约 1666）所著《天工开物》卷五“作咸”（喜咏轩丛书刊本）中关于四川井盐生产的描绘是比较直观和详细。仅从这五张插图就可以清楚看到井盐生产从打井直到用天然气熬盐的主要生产工序。特别是深井的开凿和天然气的利用都展示了中国先民的智慧和创新。

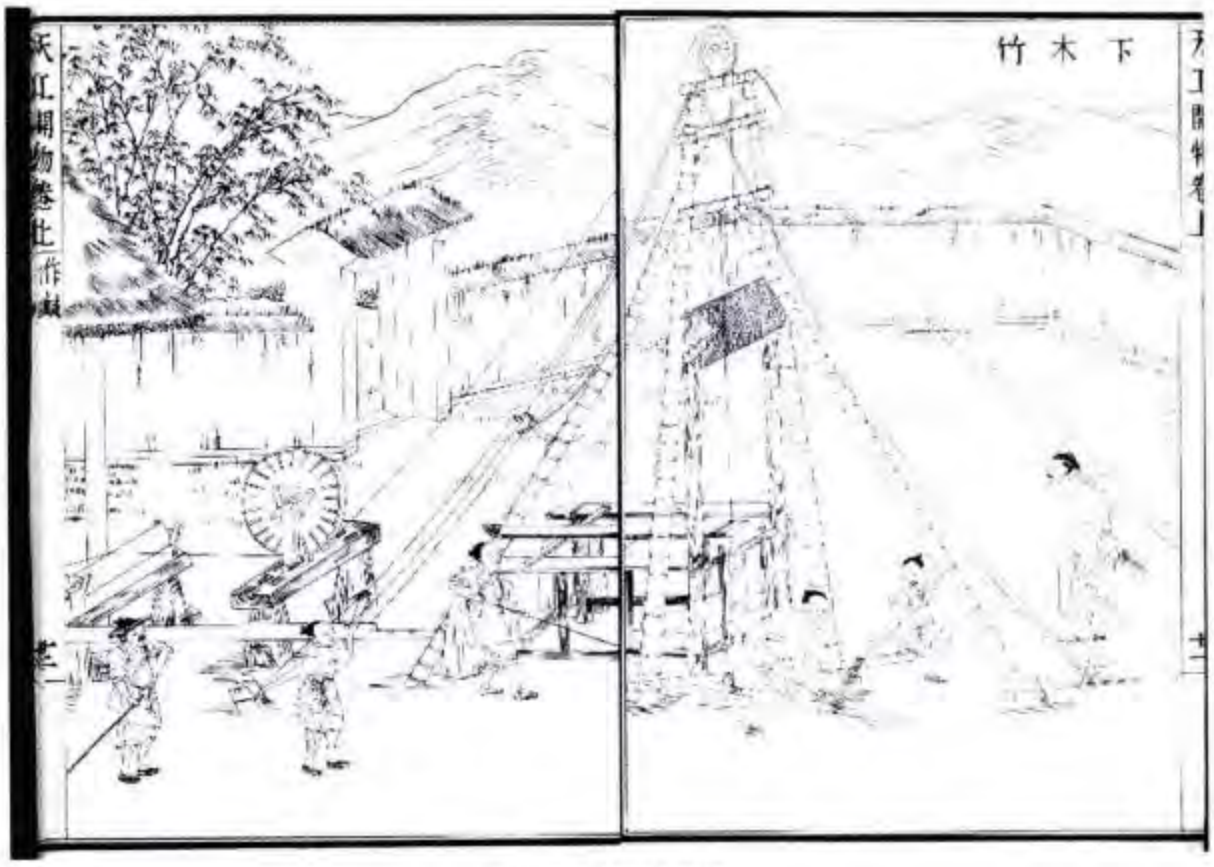


(a) 开盐井井口

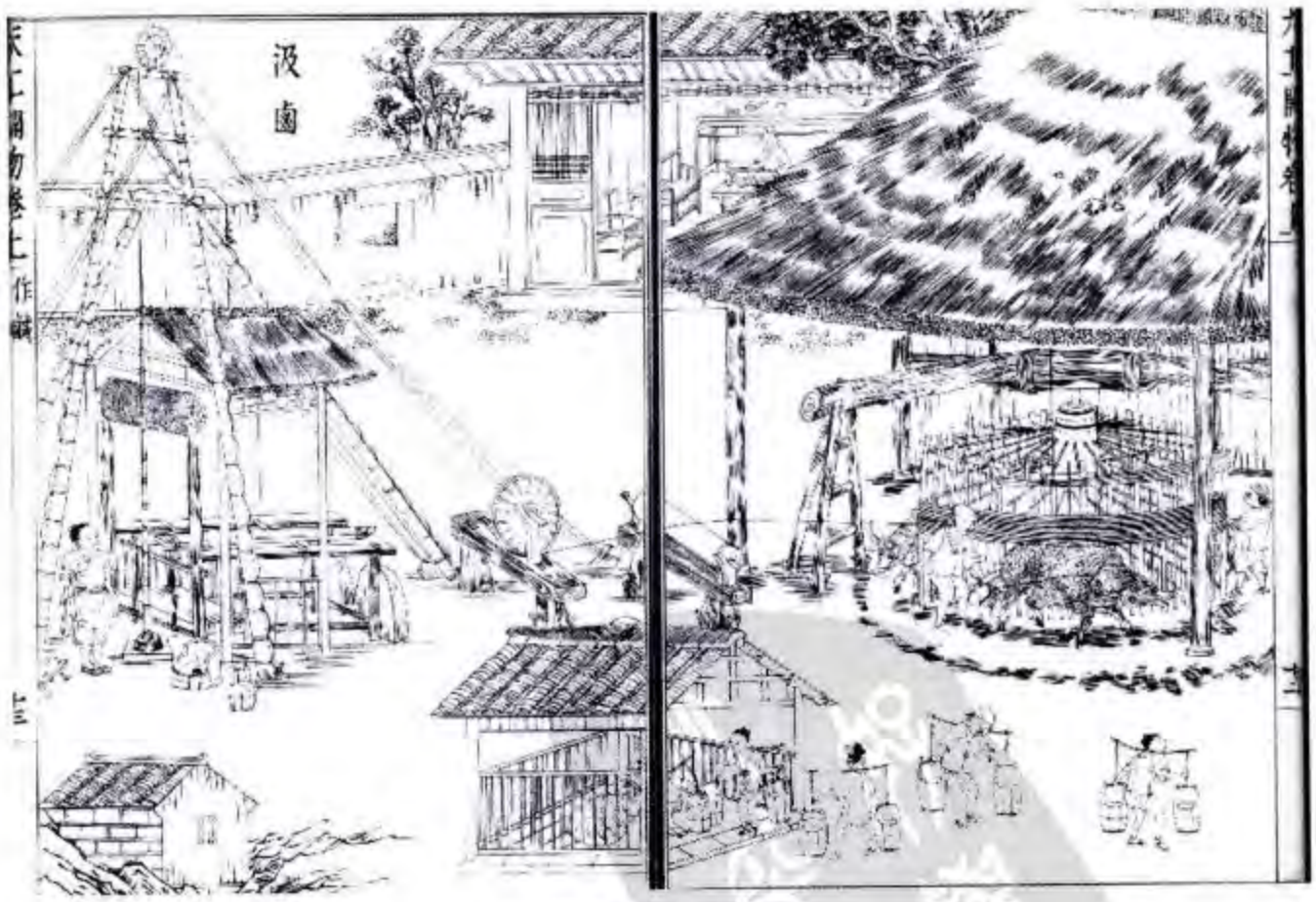
(b) 开盐井下井口石圈



(c) 开盐井凿钻孔道



(d) 开盐井下竹套管



(e) 架设汲卤盐井架及汲卤

图 7-13　《天工开物》所描述的井盐生产

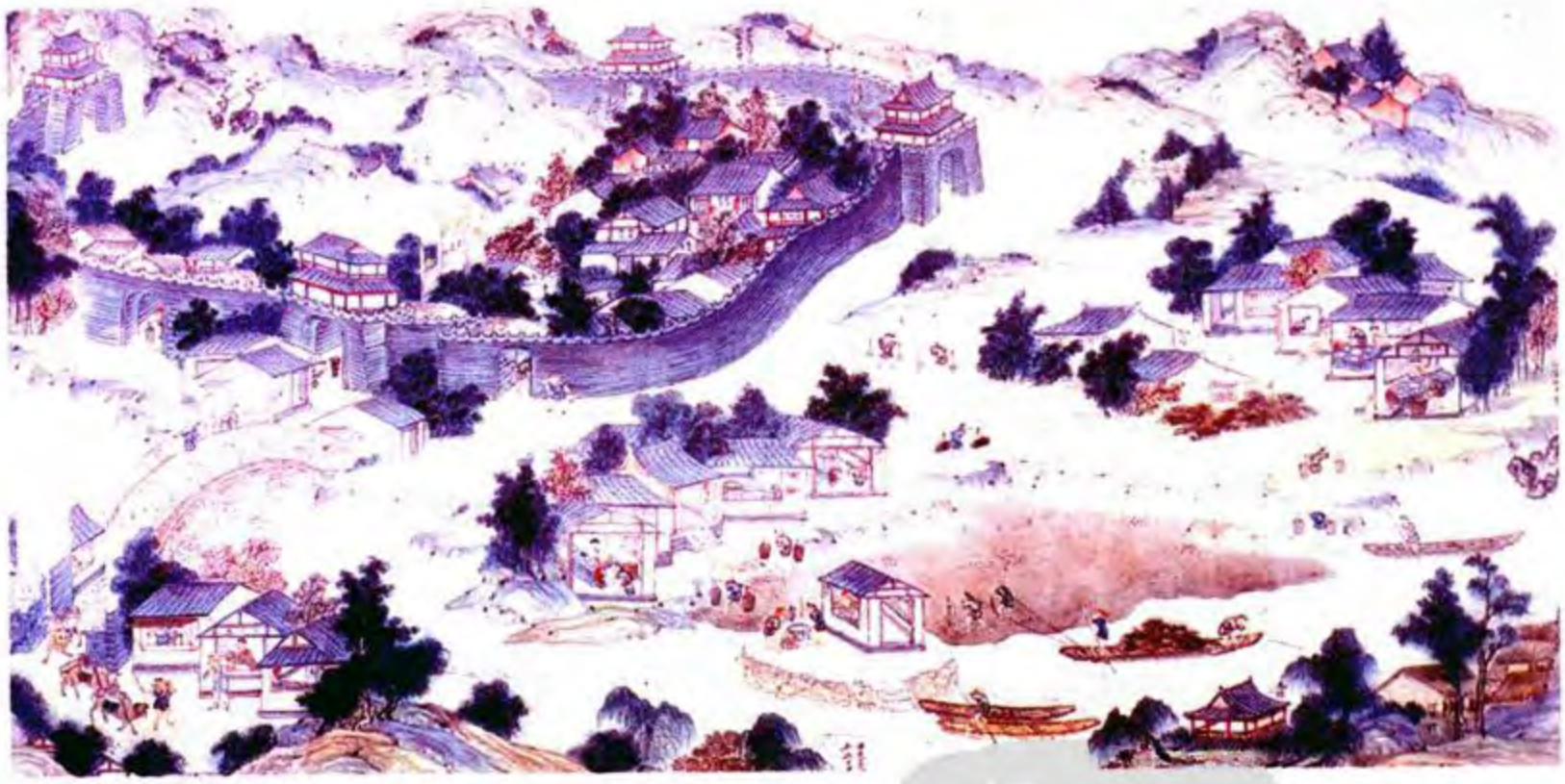
图 7-14　云南的井盐生产

曾在康熙时期两任滇南盐政的李苾，目击滇南井盐生产之法与江浙迥异，煎盐难，挽运劳。因命画工绘图以览，并告诫画工“弗以粉饰为工”，细绘其“山川形势，煎煮事宜，人物情状”。于是这本《滇南盐井图卷》（纵 56.6 厘米，横 1108.7 厘米）在康熙四十六年（1707）问世。盐井图共九帧，依次为：①黑井；②白井；③琅井；④云龙井；⑤安宁井；⑥阿陋猴井；⑦景东井；⑧弥沙井；⑨草溪井。每帧皆标盐井方位，四至地点和距离里数。所绘范围四府一厅一州。图绘山川形势、州城关隘、官署民居、各式桥梁，尤以盐井汲卤、

(a) 白井

(b) 琅井

(c) 安宁井



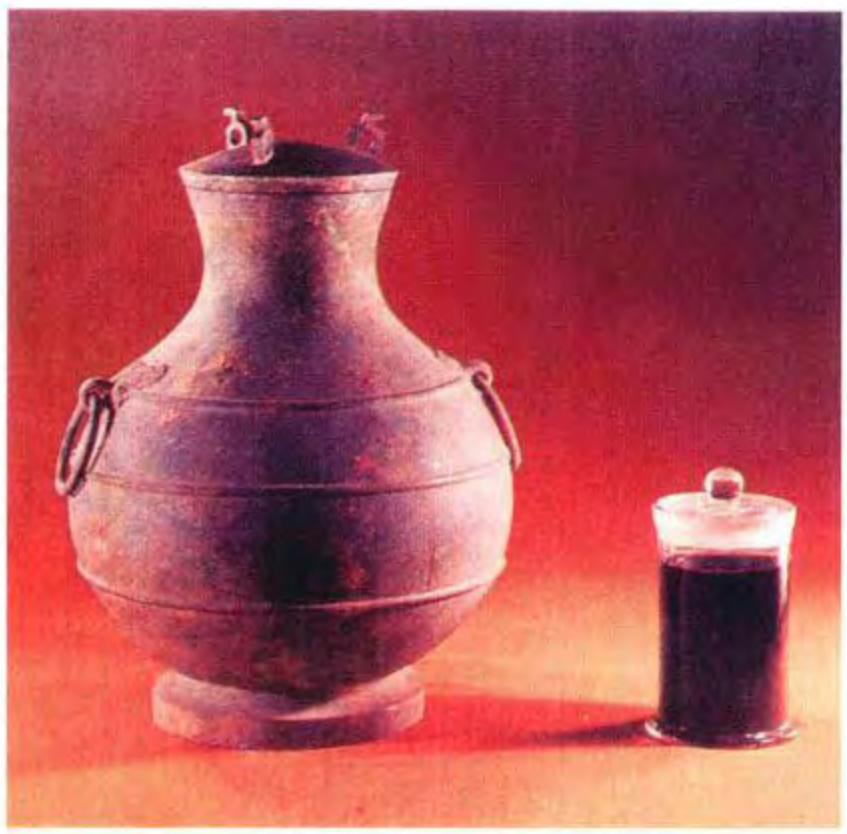
(d) 云龙井

图 7-14 云南的井盐生产

煎盐的生产过程为主，各种建筑和人物服饰具有地方民族特色。此图卷是研究清初云南地区井盐生产的重要资料，现藏中国国家博物馆。

图 7-15　战国墓出土的古酒

1977 年在河北省平山县三汲乡战国中山王譽墓的发掘中，出土两只锈封严密的铜壶，其壶内存有不少液体。经鉴定此为用谷物酿造的酒。出土古酒是十分罕见的，因此这一发现在酿酒史上具有重要价值。现存河北省博物馆。



(a) 古酒 1

(b) 古酒 2

图 7-15　战国墓出土的古酒

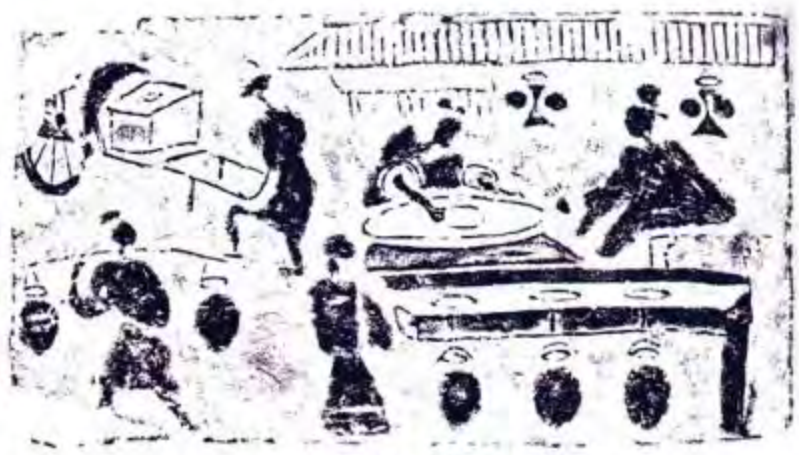
图 7-16　东汉画像砖所描绘的酒肆

此两幅东汉（公元 25～220 年）画像砖分别描绘了东汉酒肆和酿酒作坊的情景。前者（长 25.3 厘米、宽 42.5 厘米）用简练的手法刻画了汉代竹木构造的酒肆，展示卖酒、沽酒及贩酒的贸易情景。它是 1986 年在四川彭县收集，现存四川省博物馆。后者（长 28.3 厘米、宽 49.5 厘米）用浮雕的手法刻画出汉代一个酿酒作坊的部分景况。画面右边酒工在热酒灭菌装瓮，左边则是沽酒、贩酒者。这块画像砖是 1979 年在四川新都新龙乡出土，现藏四川省博物馆。此外还有一幅画像相似的东汉画像砖。

(a) 东汉酒肆画像砖

(b) 东汉酒肆画像砖拓片

(c) 东汉酿酒画像砖



(d) 东汉酿酒画像砖拓片

图 7-16　东汉画像砖所描绘的酒肆

图 7-17　宋代时的一页酒帐

宋代时的一页酒帐，原件无头无尾，现已割裂为二，前半截存敦煌研究院［长 23 厘米，宽 30 厘米，11 行，图 7-17（a)］，后半截为董希文先生收藏（38 行）。敦煌研究院尚保存着该件未割裂前的临本照片一张［图 7-17（b)］。酒帐立帐年代上限为 955 年，下限为 1002 年。此酒帐不仅对当时的酒肆经营情况有所了解，同时也从一个侧面了解敦煌当时的经济、政治、文化状况。

图 7-18　两具能蒸馏的青铜器

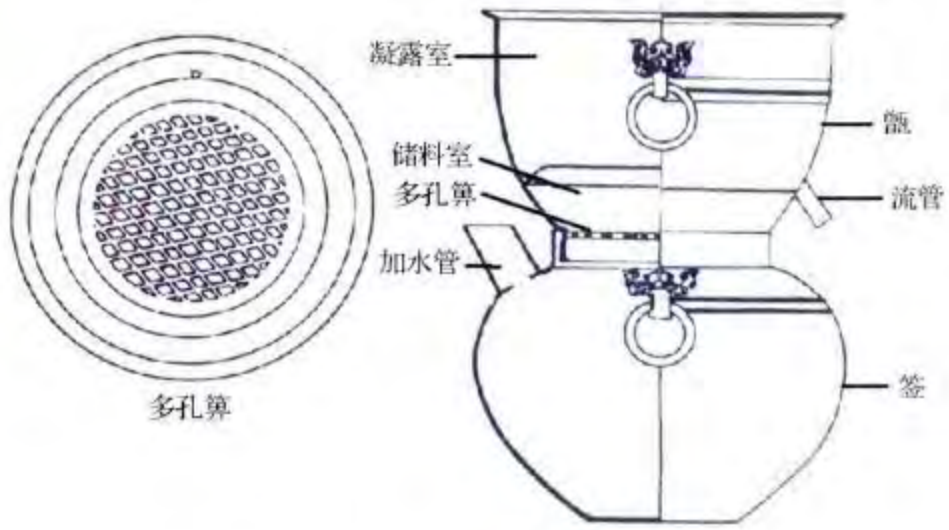
收藏在上海博物馆的东汉时期蒸馏器，是国内目前已知的早期蒸馏器实物，它的形式与汉代的釜甑相似。在配制一个顶盖后，它的确可以产出一定浓度的蒸馏酒。但是它的储料室

(a) 酒帐

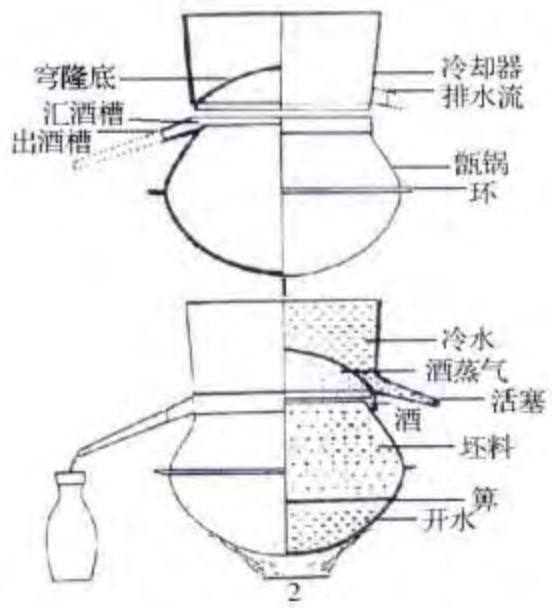
(b) 酒帐原件临本

图 7-17　宋代时的一页酒帐

容积小，不可能用于蒸馏制酒，据推测它可能是用于蒸煮难溶药物的制药器。图 7-18（a）为东汉蒸馏器及其绘样，摘自马承源论文："汉代青铜蒸馏器的考察和实验"，1983 年第三届考古学会宣读的论文。图 7-18（b）是 1975 年在河北青龙县西山咀村金代遗址出土的青铜蒸馏器，是研究中国蒸馏技术的重要物证。该装置加算后进行蒸酒试验很顺利，表明它是一件实用有效的小型蒸馏器，既可以蒸酒，也可以蒸制花露水。该蒸馏器现藏河北承德避暑山庄博物馆。



(a) 东汉早期蒸馏器



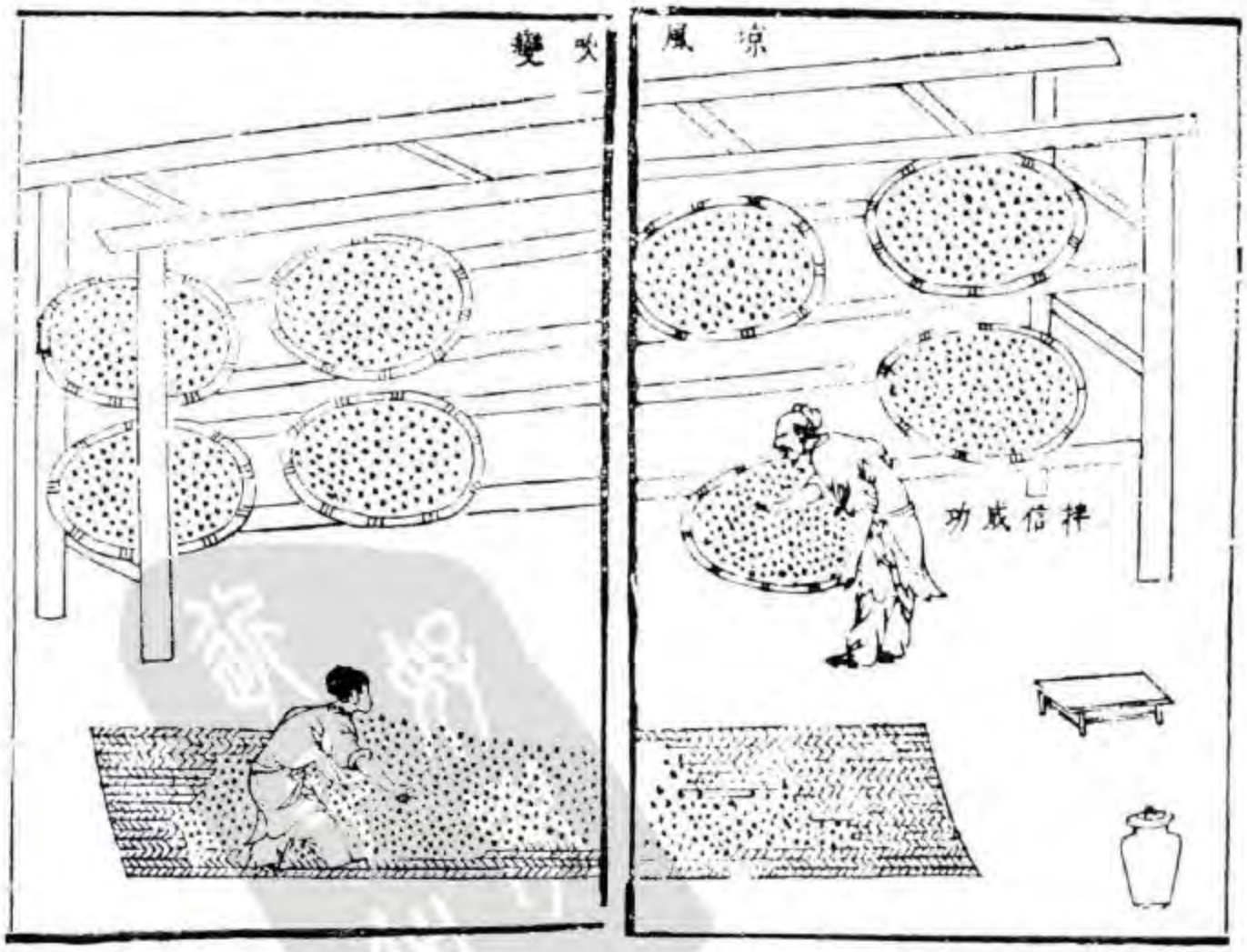
(b) 金代蒸馏器

图 7-18 两具能蒸馏的青铜器

图 7-19 红曲生产工艺

这是明宋应星《天工开物》初刻本中关于红曲制造的两幅插图。红曲工艺的发明和红曲的应用是制曲技术的一项成就。由于红曲中主要的微生物是红曲霉，它的繁殖不仅缓慢，而且要求较高的温度和其他自然环境，故此中国先民在掌握制曲技术达一千多年后才学会了红曲的制造。红曲生产最早出现在唐宋之际的江南某些地区，直到元明时期才被推广，应用于酿造、食品加工和医药。图 7-19 两幅插图，一是描述将浸到酸臭的大米放到山间水中漂洗。另一是拌好了曲信的曲饭要不断翻拌，以控制其温度、湿度，保证红曲的制造成功。

(a) 长流漂米



(b) 凉风吹变

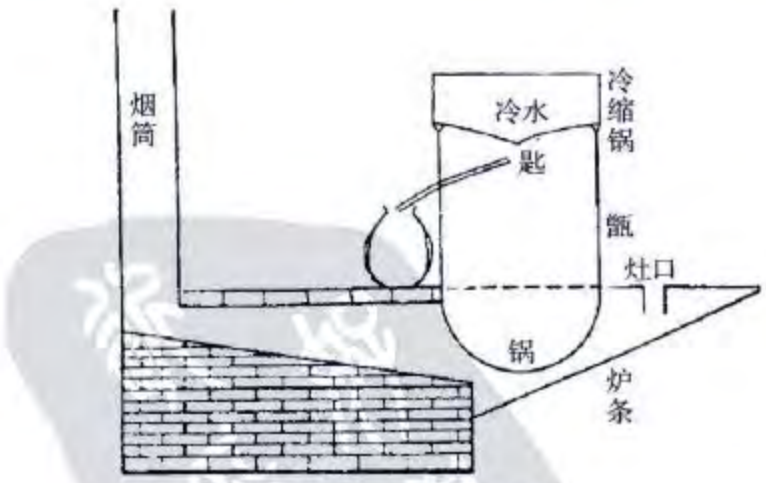
图 7-19 红曲生产工艺

图 7-20　明代酿酒工艺图

这两幅图来自明代插图的画面比较清晰地反映了当时酿酒工艺的关键工序。图 7-20（a）描绘了酿酒中舂米（或曲）、蒸饭、拌曲，发酵搅拌等操作。图 7-20（b）着重描绘的是蒸酒操作。正面已点上火的灶台上，放置一铁锅，铁锅上放着蒸馏器，四周散放着水桶和酒坛。酿酒师傅正在往蒸馏器上的天锅里添加冷水。锅内产生含酒蒸汽就是在天锅下冷凝，从导酒管口流出。可能因为画者粗心，导酒管的位置偏低了。

(a) 酿酒图

(b) 蒸馏酒



(c) 天锅式蒸馏器示意图

图 7-20　明代酿酒工艺图

图 7-21　四川成都水井街酿酒遗址

1999 年发掘的四川成都水井街酿酒遗址，已揭露出了井、灶、晾堂、酒窖、蒸馏器基座及石条墙基、木柱等酿酒作坊的配套设施，还出土了众多酒具的瓷、陶碎片及酒窖边上的

竹签和酒糟，都表明它是迄今为止发现的第一家大曲工艺白酒作坊遗址，具有重要的文物价值和科学意义，故被评为 1999 年度中国十大考古新发现之一。图片采自《文物》2000 年第 3 期。

(a) 晾堂、酒窖和蒸馏器基座

(b) 蒸馏器基座

(b) 晾堂

图 7-21　四川成都水井街酿酒遗址

图 7-22 江西进贤李渡酿酒作坊遗址

2002 年发现并经初步发掘的江西进贤李渡烧酒作坊遗址是我国迄今为止发现的第一家小曲工艺白酒作坊遗址。遗址中揭露出来的井、灶、晾堂、酒窖、蒸馏设备、水沟、墙基等构成了一个比较完整的蒸馏酒生产作坊。其开始生产蒸馏酒可上溯到元代，作坊的蒸馏酒设备都可以确定为明代，也是前店后厂的布局。该遗址的发现不仅是考古的重要收获，也具有极高的科学价值，故被评选为 2002 年中国考古的十大新发现之一。

(a) 明代水井

(b) 元代酒窖

(c) 明代炉灶

(d) 明代酒窖

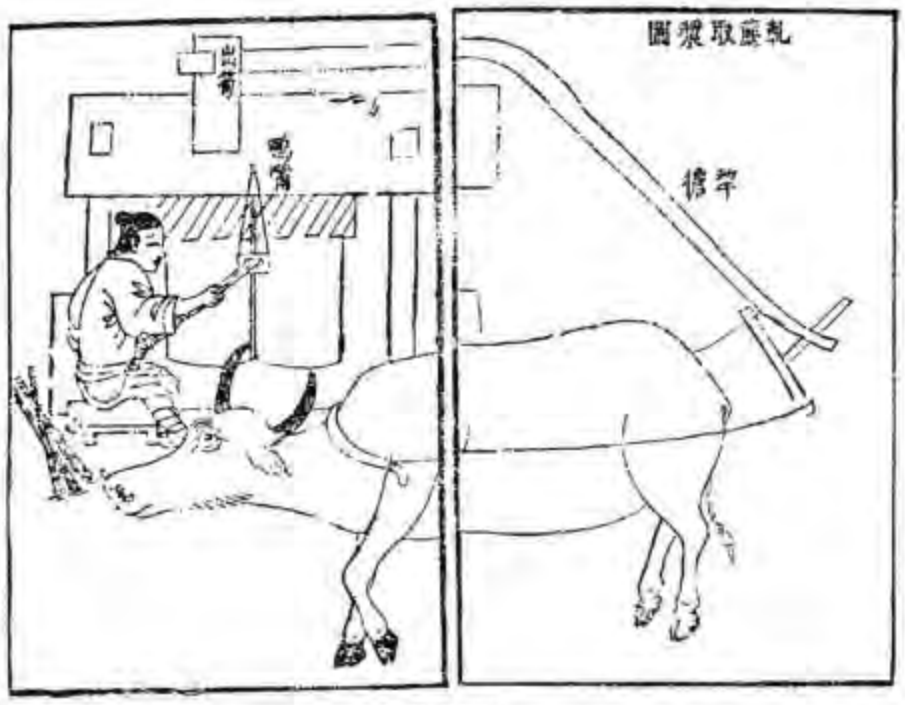
图 7-22 江西进贤李渡酿酒作坊遗址

图 7-23 冰糖的制取

图 7-23 两幅采自《天工开物》初刻本的制糖插图，一是描绘中国古代轧蔗取浆的情况。另一是描写蔗糖脱色的技术。在中国轧蔗浆熬糖大约始于汉。通过实践和中外文化交流，中国先民于南北朝时掌握了粗红糖的生产，唐代学会了制作红砂糖和冰糖工艺。插图中采用黄泥浆帮助蔗糖脱色大约始于元代。

图 7-24 明代的几项化工生产

图 7-24（a）～（c）均采自《天工开物》（喜咏轩丛书）的插图，分别描绘了硫磺、皂矾、砒霜等化学物质的烧制。硫磺是炼丹药物中的主角之一。古代所用硫磺除小部分采自火山区的天然硫磺外，主要是通过烧制黄铁矿制造皂矾的同时，在焙烧窑上部烟道中冷凝而获得。图 7-24（a）就是描绘这一生产过程。古代利用的矾类名目繁多，常见的有青矾，又名绿矾，皂矾(主要化学成分为 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$)，白矾，俗称明矾($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$)，黄矾



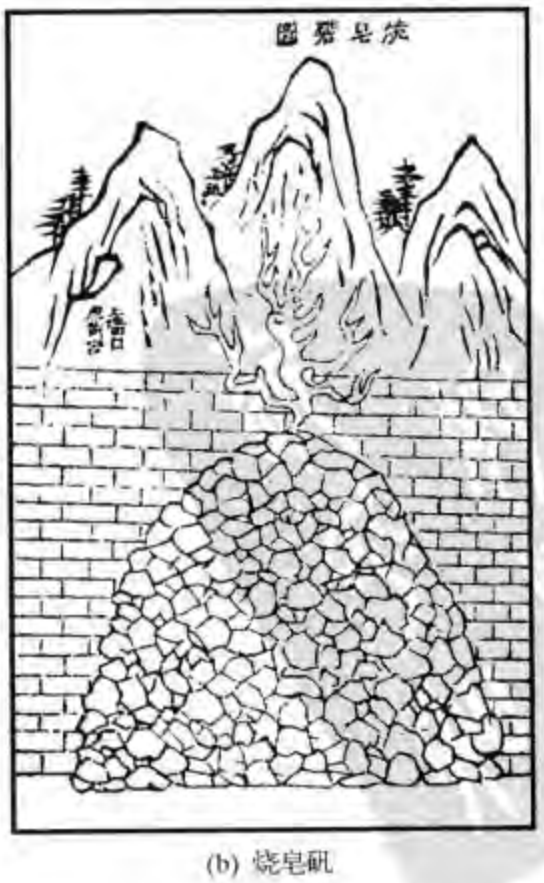
(a) 轧蔗取浆

(b) 澄结糖霜瓦器

图 7-23 冰糖的制取

$(KFe_3(SO_4)_2 \cdot (OH)_2)$，胆矾$(CuSO_4 \cdot 5H_2O)$，它们大多用于染色制药。砒石主要化学成分为 As_2S_3，烧砒石所得升华物——白色结晶粉末即古代所说的毒药砒霜。

(a) 烧取硫磺



(b) 烧皂矾

(c) 烧砒图

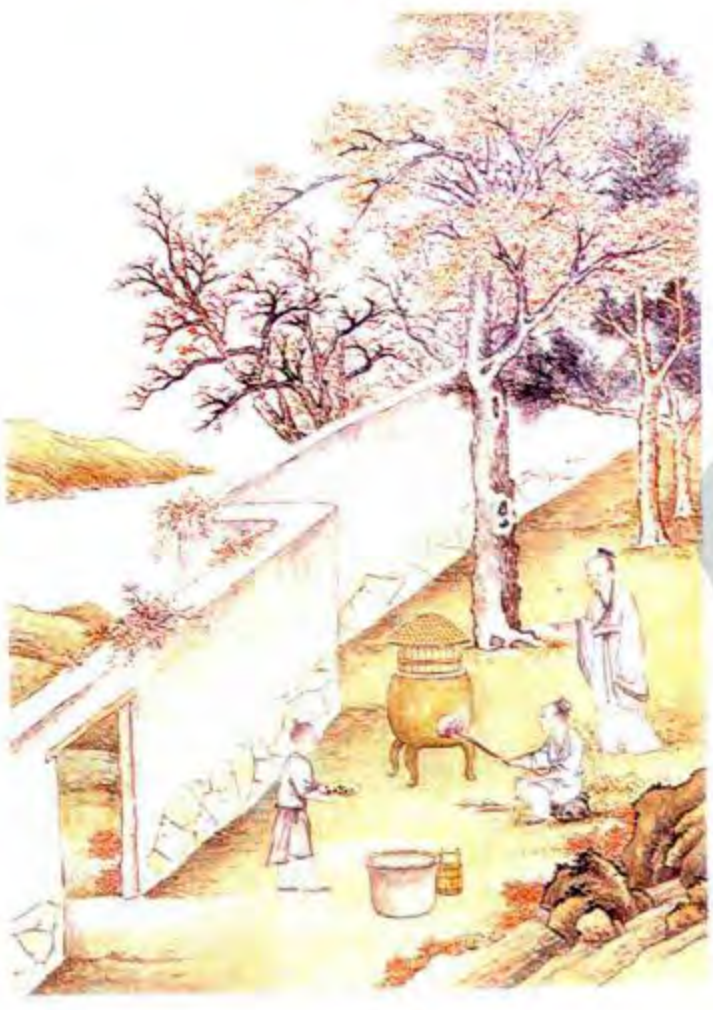
图 7-24 明代的几项化工生产

图 7-25　制墨工艺

墨和纸、笔、砚一起素称文房四宝，它们在中国文化发展中起了重要作用。中国的墨还

(a) 熔胶

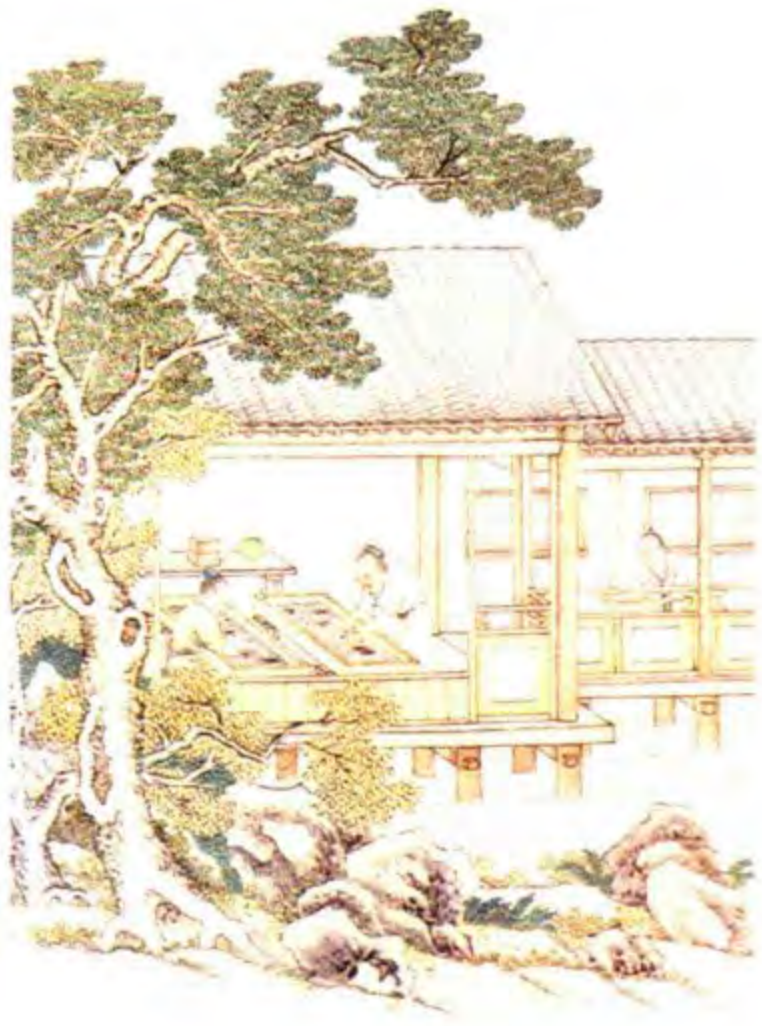
(b) 搜烟



(c) 蒸剂

(d) 杵捣

(e) 样制



(f) 入灰

图 7-25　制墨工艺

被赋予艺术的形状和文化的内容，被历代文人所珍视，成为一种艺术的珍品。墨的制作并非碳黑的简单粘合，其中历经了复杂的工艺和诸多的配料。图 7-25（a）～（f）是采自现收藏于台北故宫博物院，清代徐扬《墨法集要图》，该图共 12 幅，描绘了制墨的 12 道工序，本章只收其中六幅，以飨读者，从中可窥视古代的制墨工艺。

图 7-26　古代的鎏金工艺

鎏金工艺又称鎏镀金银，就是先将金或银和汞制成汞齐，将它涂于器表，再通过烘烤，使汞升华逸去，再经压光，这样在器物上就留下了一层不易剥落或变色的金或银层。据考古资料，青铜器采用鎏镀金银的技法始于春秋晚期，秦汉时已经成熟。本图是 1987 年从陕西扶风法门寺出土的鎏金银茶具，现藏扶风法门寺博物馆。

图 7-26　陕西法门寺出土的鎏金银茶具

第八章　建　　筑

中国建筑有悠久的传统和历史，也和西方有不同风格和技术特色。近几十年，随着考古的深入，大批古老的建筑遗址被陆续发现；随着人们思想境界的开拓，许多古建筑的价值得到人们的重新认识，它们被列入国家级或省级保护的建筑范畴之中。因此，从大量的丰富的历史建筑中选出几十张图片，真让人取舍难断。

木构建筑是中国的传统。由木构架支撑整个房屋重量，且要求稳定、长久，砖石或泥土墙体仅起防御风寒之功用；大斜坡屋顶、起翘的斜脊和榫卯接合、斗拱等，这些都是古代木构建筑的特色。本章收录的从八千年前河姆渡干栏建筑到清末编纂的《孝经传说图解》、《钦定书经图说》二书的有关绘画充分体现了这一特色。尚需指出的是，这种特色虽在某个历史时代尤为突出，并随时代变换而多少有些变化，但总的说来，木构建筑在20世纪之前确实是中国建筑技术之最。

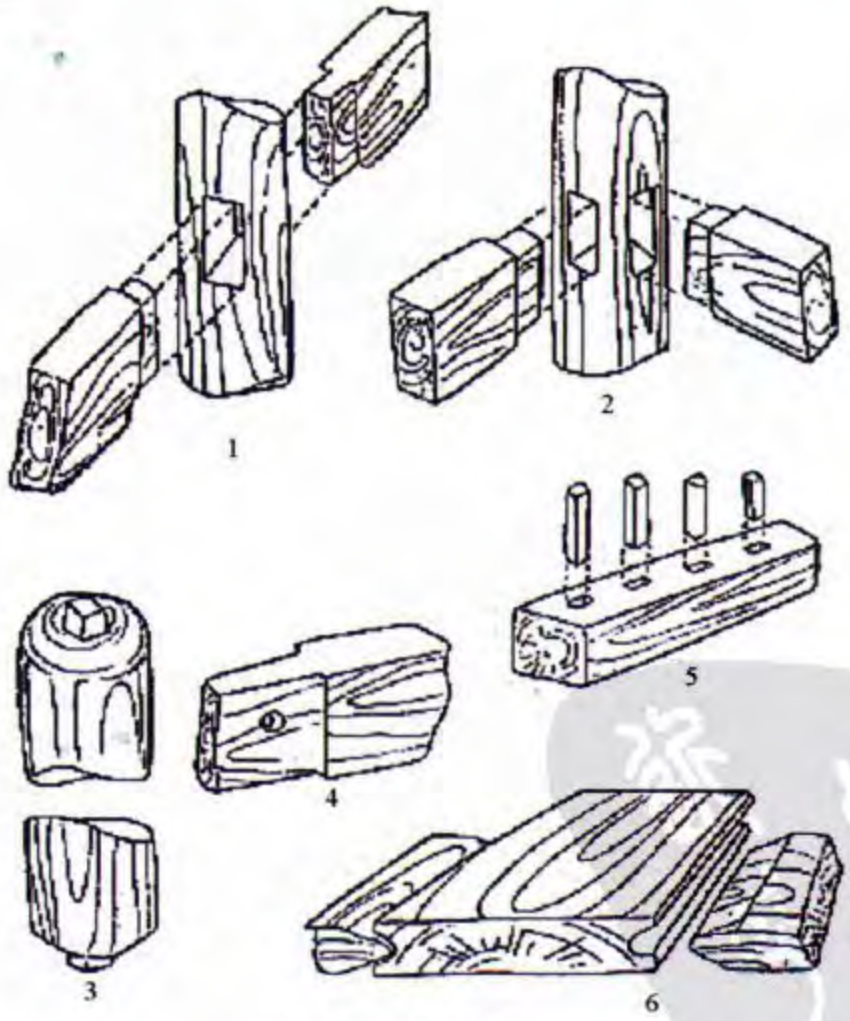
隋唐之前遗存的建筑已屈指可数。本章收入的此时期之建筑多赖于考古发掘或考古复原，还有西汉的砖石刻画。唐宋时期的建筑也遗存不多，本章收录了一部分，并以宋代李诫《营造法式》所绘二图（图8-33（a）、（b））代表汉唐以来建筑发展概貌。自宋以降，存世建筑渐多，无论在内地或在边远地区，均举目可见。尤以北京故宫建筑群、长城及其附属关口楼阁闻名。至于园林、民居为数更丰。本章限于篇幅，仅以苏州拙政园（图8-50）和福建客家土楼（图8-52）作为它们的代表。南京灵谷寺无梁殿建筑（图8-49）可以看作木构建筑之外又一种中国传统风格。因为，石砌拱形屋和西北土窑洞在房屋构形技术上同属一类建筑，它们在古代中国也有悠久的历史。随着商贸活动的繁荣，建造规模巨大的城市，最晚从汉代起就是人们追求的目标。其方形格局、纵横有序、中轴对称，是中国古代城市建筑的特点。以隋唐长安、东京（洛阳）布局图（图8-21、图8-22），元、明两代北京城图（图8-43、图8-44）均可为例证。本章所收录的最后一帧图（图8-53），虽然在时间上晚一些，但它却反映了几千年来传统中国建筑技术的风貌。

在古代建筑中，塔的建造及其遗存数量之多可谓令人惊叹。它历史久远、设计精巧、形式多样、技术精湛。从材料看，有木塔、砖塔、砖木混合结构塔，还有铁塔、陶塔；从塔身结构看，有空心塔、实心塔、各种楼塔；至于塔的几何外形、塔檐风格、塔刹结构和安装更是花样层出，各具特点。塔的分布在全国也非常之广。本章只收录它们中较典型的一部分，以供参阅。

图8-1　河姆渡干栏建筑榫卯构件

1977年在浙江余姚县发现公元前6000年前后的干栏式建筑，其木构件和榫卯接合方法成为后来中国传统木构建筑之祖。榫卯包括：①平身柱榫卯。②转角柱榫卯。③柱头榫和柱脚榫。④加梢钉的梁头榫。⑤直棂栏杆构件。⑥企口板、燕尾榫以及带凹槽木构件等。今藏浙江省文物考古研究所。

(a) 河姆渡干栏建筑构件



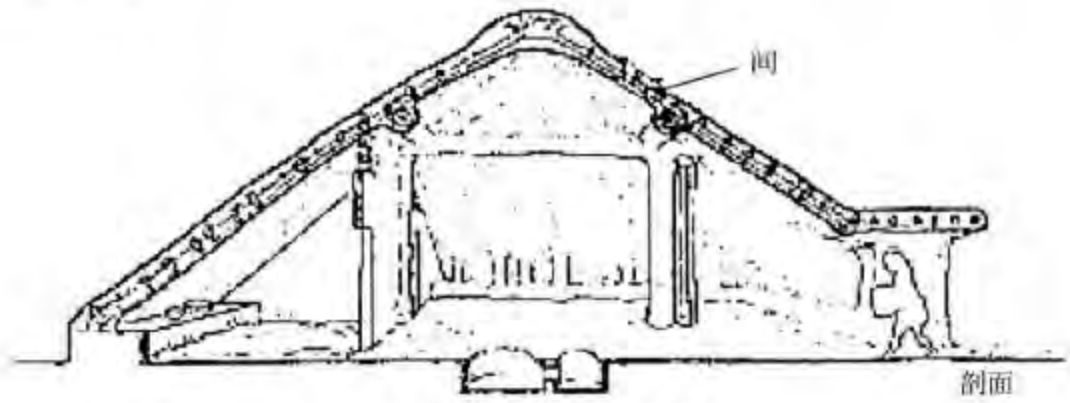
(b) 构件上榫卯类型

1　梁头榫和平身柱上的卯；2　转角柱上的卯；3　柱头和柱脚榫；
4　带梢钉孔的榫；5　插入阑杆直棂的方木；6　企口板

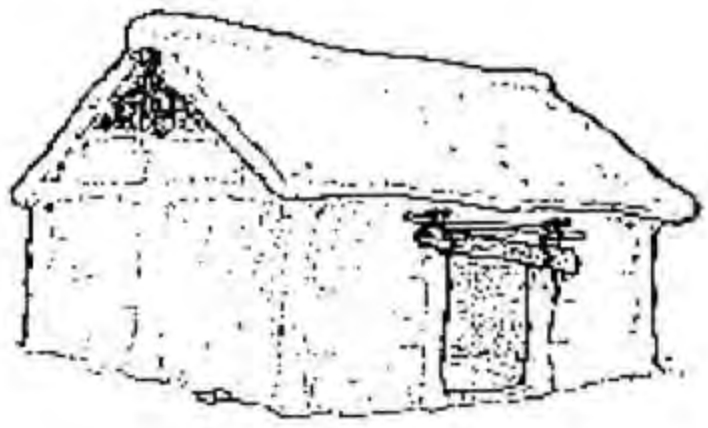
图 8-1　河姆渡干栏建筑榫卯构件

图 8-2　西安半坡遗址之房屋

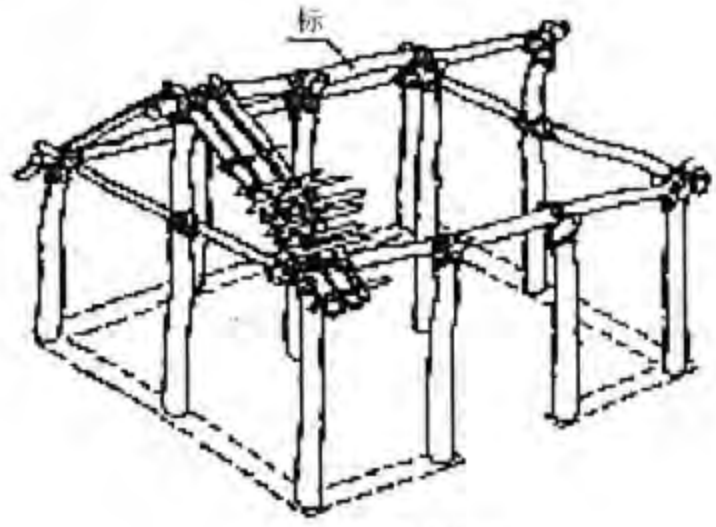
1954～1955 年在西安半坡出土公元前 5000～前 4000 年聚落遗址，其居住区约 3 万平方米。其中 F1 号大房子南北长 10.8 米，东西残长 10.5 米，草泥墙厚 0.9～1.3 米，高 0.5 米。屋内残存柱洞 7～25 厘米不等，深 30～70 厘米。平面复原约为 10.8 米×11.50 米，墙体弧形转角，草料屋顶，斜坡大。F24 房屋由 12 根木柱架成，形成“间”的基本构架（采自杨鸿勋复原图）。



(a) 西安半坡遗址 F1 大房子



(b) F24 复原外观



(c) F24 构架示意

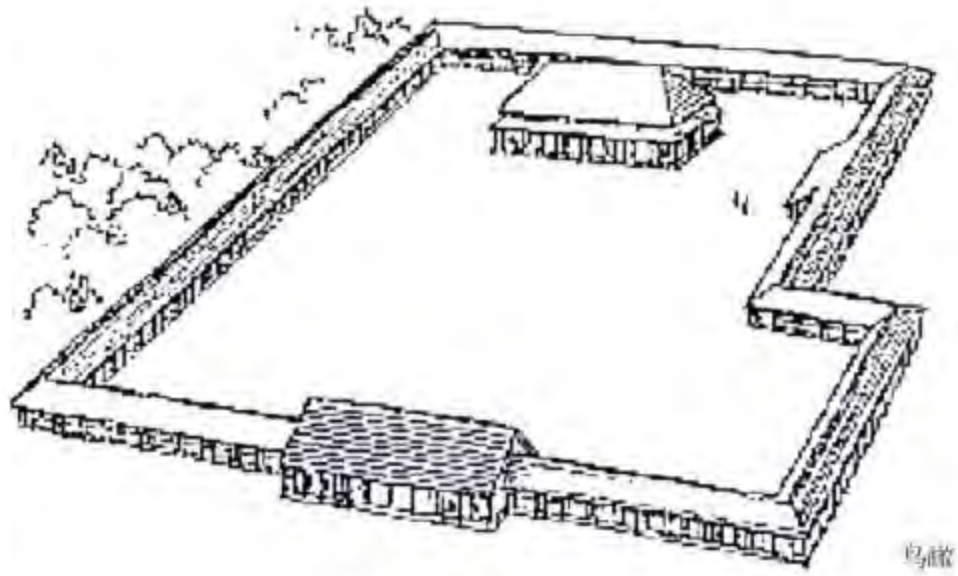
图 8-2　西安半坡遗址之房屋

图 8-3　河南偃师二里头一号宫殿复原图

1960 年在河南偃师二里头发现夏代晚期一号宫殿遗址，由门屋、廊房、庭院和主殿组合成廊院建筑群，面积约 108 米×101 米，殿堂 36 米×25 米，夯土台厚约 3.1 米。主殿基座 8 开间、宽 30.4 米，进深三间、11.4 米。木架结构，木骨泥墙，茅草屋顶。（采自杨鸿勋复原图）。

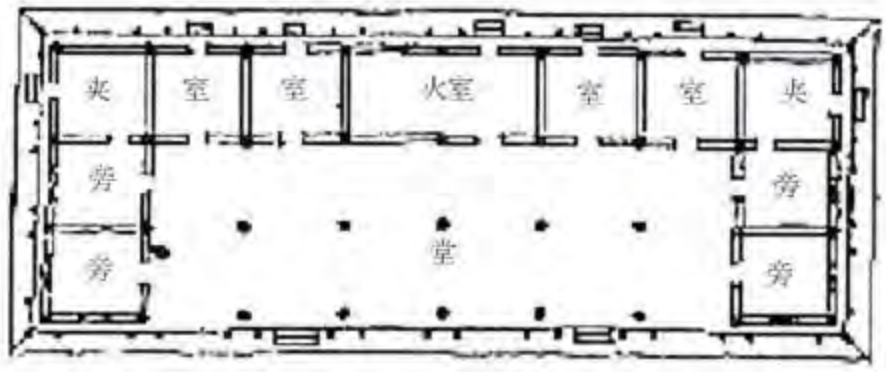
图 8-4　西周瓦屋

1976 年在陕西岐山县凤雏村发现西周建筑遗址。夯土台 1.3 米，两进院布局，南北深 45.2 米，东西宽 32.5 米。中轴线上由南往北依次为屏、门屋、前堂、穿廊、后室，两侧为南北通长的东庑、西庑。这是迄今发现的最早的完全对称四合院。屋脊、屋檐等处的关键屋顶上已有瓦，表明中国建筑已突破“茅茨土阶”状态（采自傅熹年复原图）。



鸟瞰

立面



平面

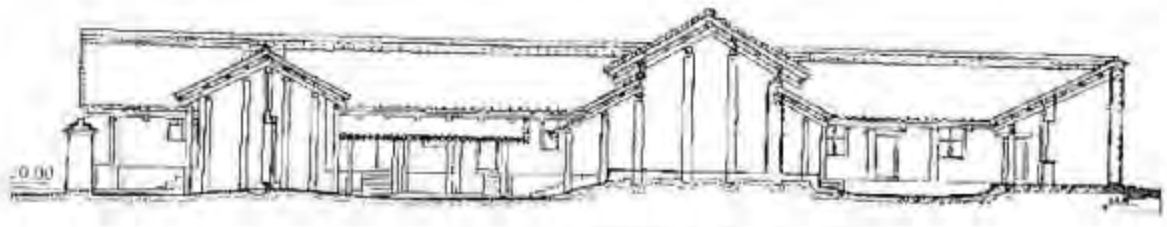
图 8-3　河南偃师二里头一号宫殿复原图

图 8-5　西周召陈瓦屋

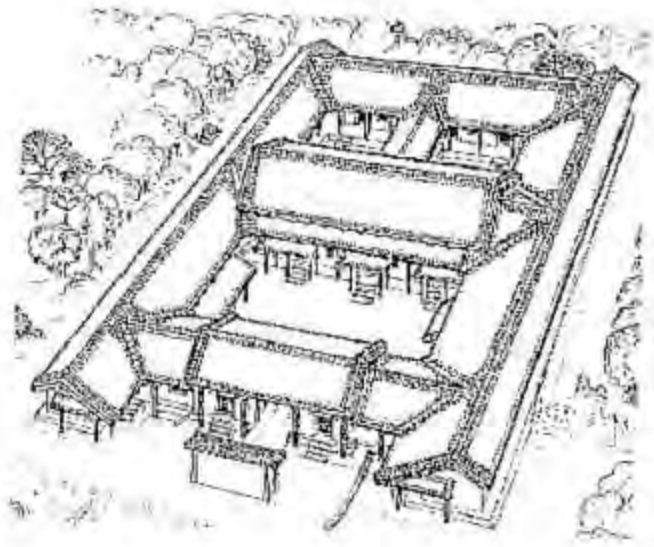
1976 年在陕西扶风县召陈村发掘 2 座西周早期、12 座西周中期建筑，基址面积大，有些基址保存完整。3 号基址最大开间达 5.6 米，表明木构技术的新进展。遗址内发现大量瓦片。瓦屋已代替草房（采自傅熹年复原图）。

图 8-6　战国铜器建筑刻纹

战国铜器上有许多建筑刻画以示当时建筑状况。图 8-6（a）为上海博物馆藏战国刻纹燕乐画像椭桮上建筑纹。二层建筑有台基、楼梯、勾栏、柱、斗拱、屋顶和屋檐，出檐颇长似乎是周代宫室建筑特点。图 8-6（b）为 1973 年江苏六和县和仁春秋战国之际墓地出土铜匜上建筑刻纹，铜匜已残，但可窥见这两个时代相似的建筑风貌。铜匜今藏南京博物院。

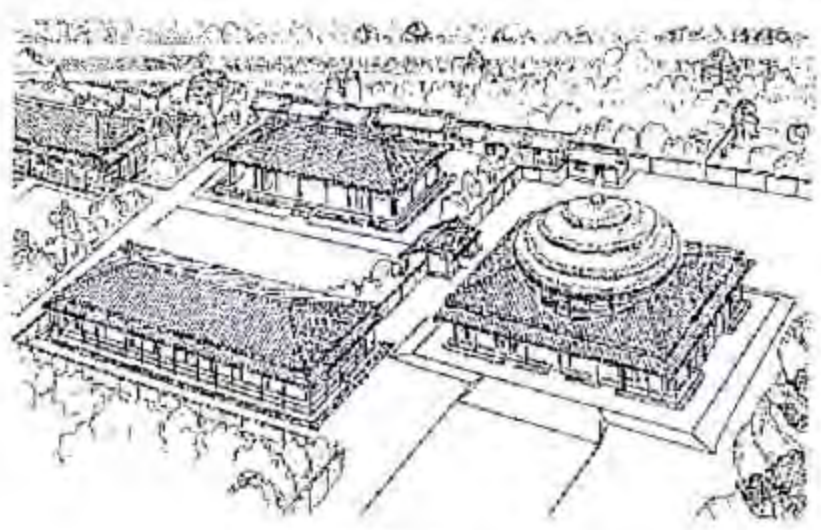


(a) 凤雏西周建筑遗址复原图

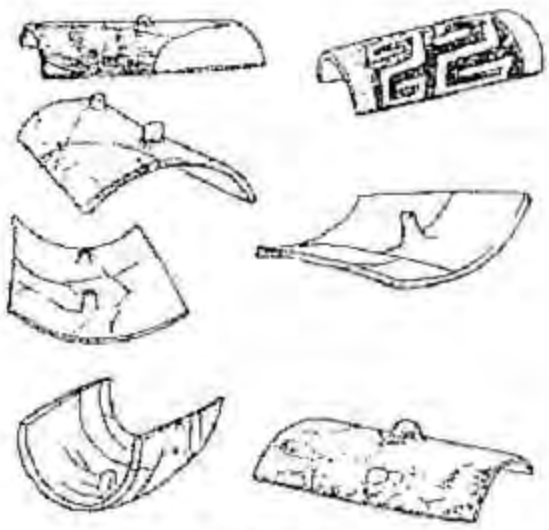


(b) 鸟瞰

图 8-4　西周瓦屋

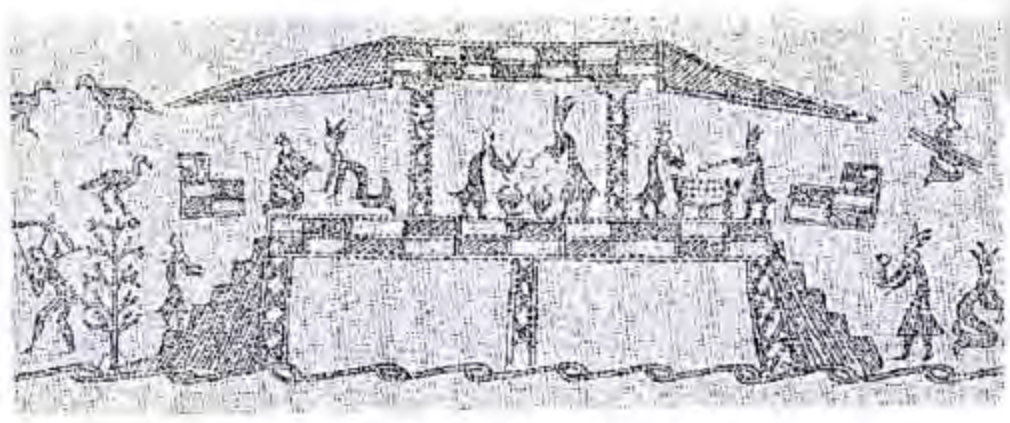


(a) 召陈建筑遗址

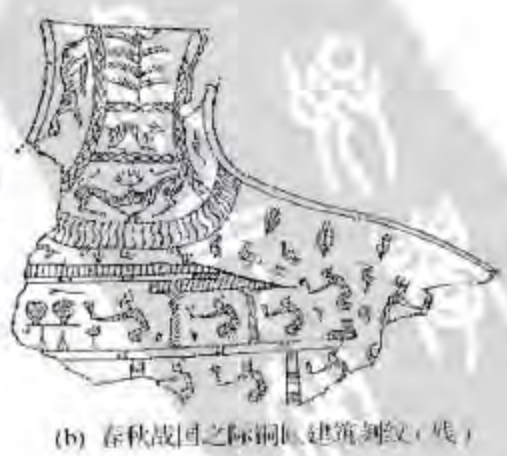


(b) 召陈建筑遗址的瓦件

图 8-5　西周召陈瓦屋



(a) 战国铜鉴建筑刻纹

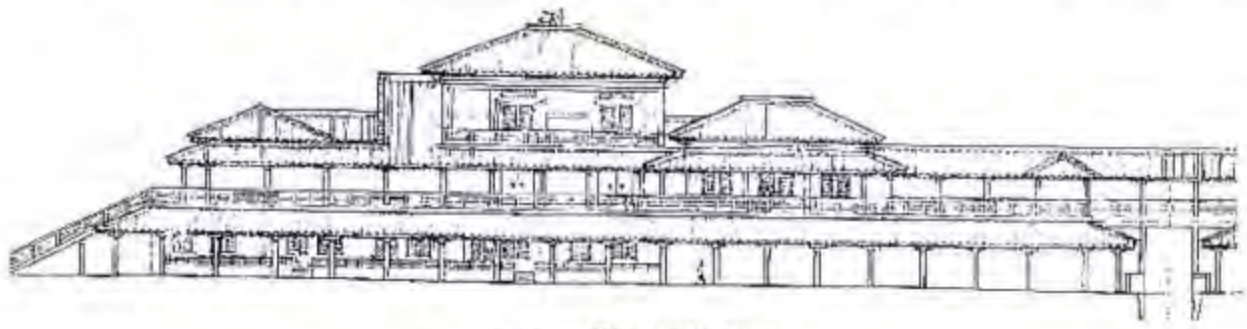


(b) 春秋战国之际铜匜建筑刻纹（残）

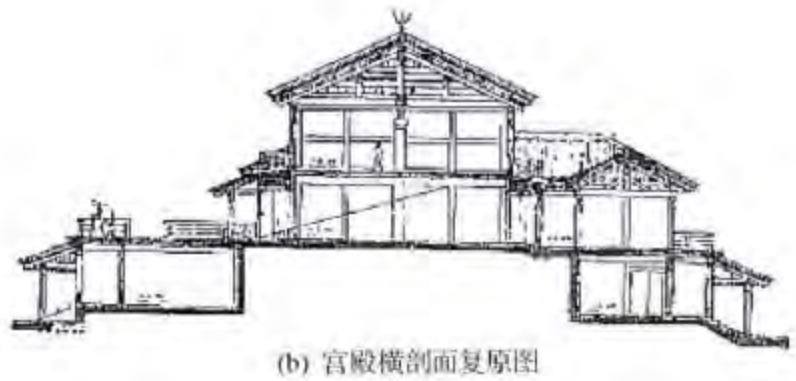
图 8-6　战国铜器建筑刻纹

图 8-7　秦咸阳宫一号宫殿遗址

1974～1979 年间咸阳市东窑店牛羊村北发现战国秦咸阳宫高台宫室建筑遗址。其中一号宫殿遗址为 60 米×45 米，作曲尺形，二层，上层夯土台面距地约 5 米。这是大木构与夯土相结合的建筑。一层夯土台体南 5 室，北 2 室，周边回廊。二层中部为高耸主殿，西 2 室，东南 1 室，东北为转角敞厅和回廊。台南部留有宽大露台（采自杨鸿勋复原图）。



(a) 宫殿遗址立面复原图



(b) 宫殿横剖面复原图

图 8-7　秦咸阳宫一号宫殿遗址

图 8-8　东汉石雕仓楼

1988 年在河南淮阳县北关一号东汉墓发掘一块青石雕刻仓楼，石面宽 147 厘米、高 120 厘米。正面雕刻左右各一人正登梯上平台。尤其是仓楼顶雕刻逼真。楼顶为庑殿式，两面各挑出 9 根檐柱，瓦垄下端有十字圆圈纹瓦当。正脊上立 3 个天窗，反映了汉代屋顶的建筑状况。今藏淮阳县博物馆。

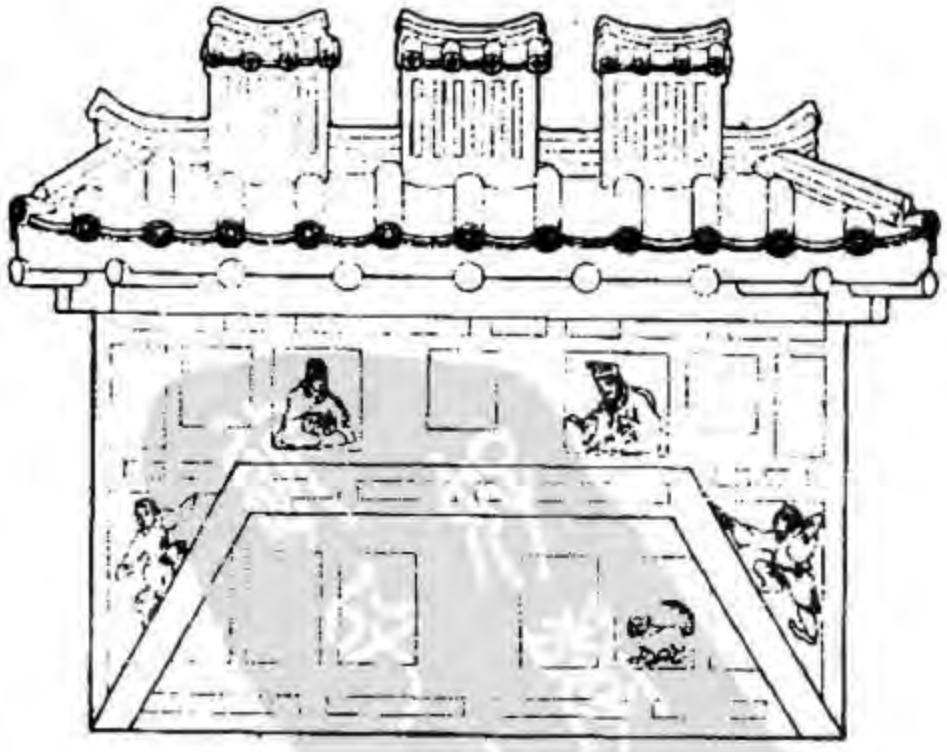
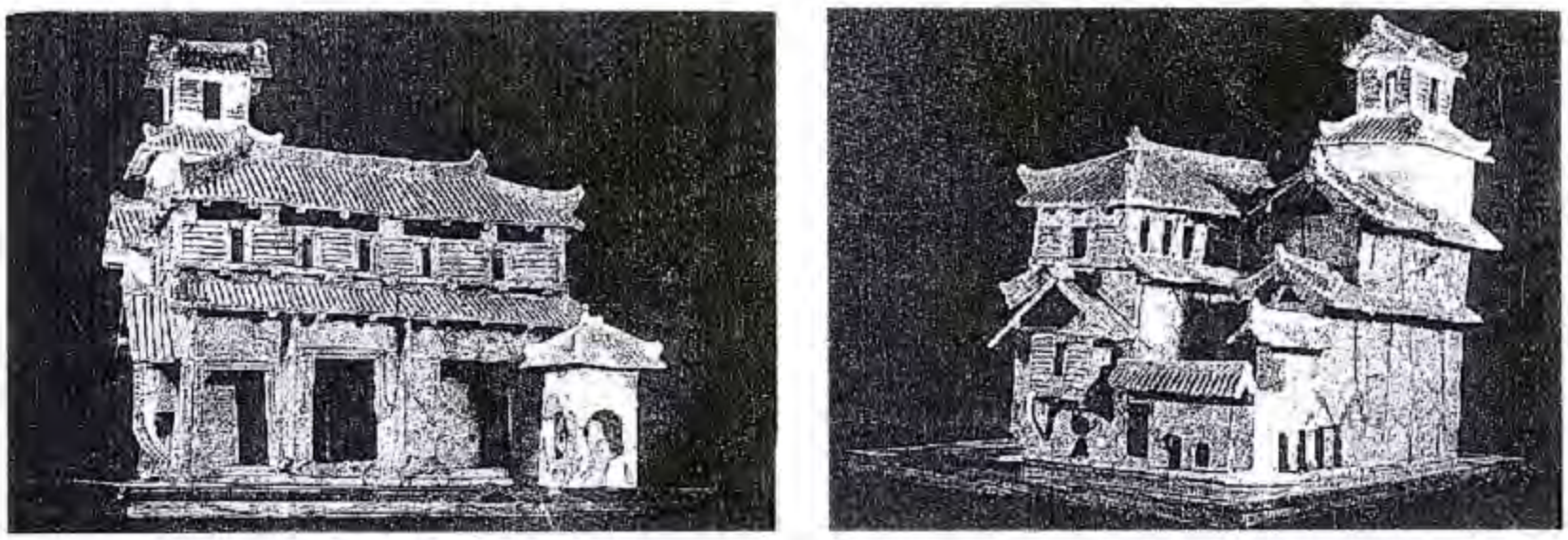


图 8-8　东汉石雕仓楼

图 8-9　湖北云梦东汉陶屋

1979 年湖北云梦县瘌痢墩一号东汉墓出土陶屋。通高 71.8 厘米、面宽 56.4 厘米、进深 48.8 厘米。从正面看，三门两层；从侧面看，小屋小门通内院，院狭小，后院 4 层楼房。地面一层有厨、厕、猪圈以及楼梯间，第 4 层为宅主人游憩用亭榭。设计紧凑，后高前低，建筑突出，为汉代住宅建筑之典型。现藏云梦县博物馆。



(a) 楼阁正视　　(b) 楼阁侧视

图 8-9　湖北云梦东汉陶屋

图 8-10　灵宝张湾汉陶屋

1972 年在河南灵宝县张湾东汉墓出土 4 件通体绿釉陶屋。图 8-10（a）陶水楼，通高 54 厘米、宽 45 厘米。下为方形水池，四角皆设方亭，正中矗立两层楼，覆以四角攒尖顶；图 8-10（b)陶水楼，通高 1.30 米。下为方形水池。中矗 3 层楼。每层四角出 45°斜挑梁和斗拱，以托撑上一层楼平座。屋顶 4 角式，瓦垄、瓦当清晰可见，正脊立一展翅欲飞朱雀；图 8-10（c）陶楼，通高 0.93 米。下为围墙院落，门上有悬山顶门观。楼 3 层。下层面室 3 间，左间辟门，前壁立柱托额枋及其上七条板龙骨；二层，左有菱格窗，右为 4 跪俑柱以托檐梁和柱，悬山屋顶，左上方起四壁，亦有跪俑立柱，以托第 3 层楼及其下平座。楼顶 4 角式，正脊两端及中尖、四条垂脊均有脊饰。整个建筑比例及造型均甚优美。图 8-10（d）庑殿重檐 3 层楼阁，通高 0.89 米。4 件陶楼均藏河南省博物馆。

图 8-11　汉代宫阙画像砖

1954 年河南郑州出土汉宫阙画像砖［图 8-11（a)］，纵 7 厘米、横 15 厘米。画面为重檐宫殿式建筑，两面为对称双阙。今藏河南省博物馆。又，1977 年江苏徐州沛县栖山出土汉画像石［图 8-11（b)］与其相似，却画出了重檐宫殿的双层横断面，一层有楼梯，门外亦为双阙，今藏徐州市博物馆。

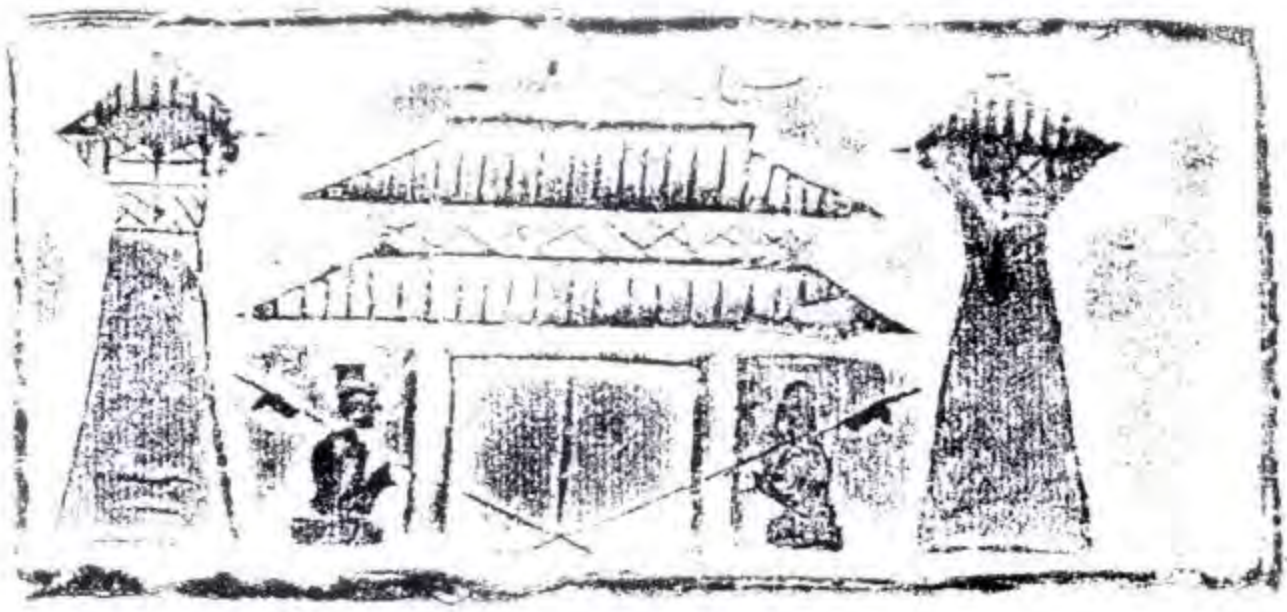
(a) 陶水楼

(b) 陶水楼

(c) 陶楼

(d) 庑殿重檐三层楼阁

图 8-10　灵宝张湾汉陶屋



(a) 汉代宫阙画像砖

(b) 汉画像石

图 8-11　汉代宫阙画像砖

图 8-12　山东苍山县东汉民居画像石

1973 年山东苍山县城前村发现东汉画像石墓，画面宽 146 厘米、高 30 厘米。前室东壁横额左侧刻画大屋、庑殿顶，柱关斗拱。正殿大门和殿前廊门的门扇均一闭一开，门上刻铺首衔环，系绶带。大门立二人，左柱杖、右执扇；廊门一人探头以望。屋外一人捧盾恭迎车骑。今藏山东省博物馆。

图 8-13　山东潘家疃重楼画像石

1966 年山东费县潘家疃村发现东汉重楼画像石，石长 129 厘米、宽 106 厘米。为浅浮雕刻重楼宇。左右各三层屋宇，中有回廊相连。右底层设栏杆、四角柱和拱；左底层有两门，各开一半，另一半均立人。原物原地封存。

图 8-12　山东苍山县东汉民居画像石

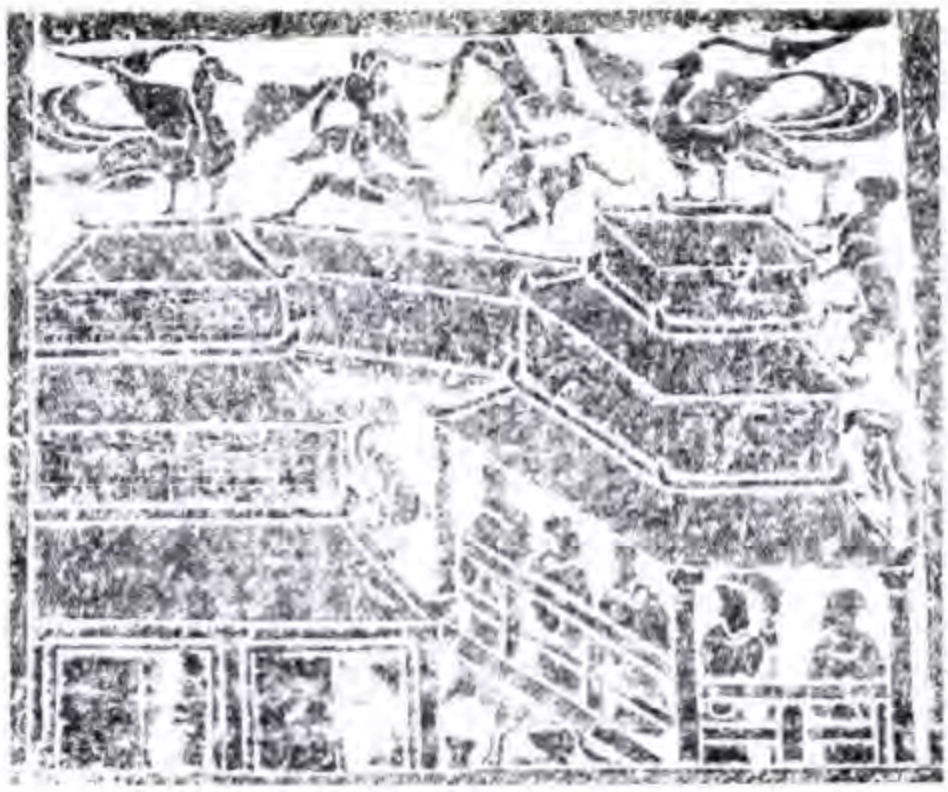


图 8-13　山东潘家疃重楼画像石

图 8-14　山东旧县村东汉庭院画像石

1965 年山东泰安县旧县村出土汉代庭院画像石，纵 116.5 厘米、横 78.5 厘米，浅浮雕刻。描绘以隔墙分开又相通的众庭院。前有大门双阙，中有厅堂，堂前院内众人舞技。二门半掩，似立一守门人。后宅楼阁相连，楼上有人抚琴。左侧还有侧院，一人跪拜状。现藏曲阜市文管会。

图 8-15　成都羊子山汉庭院画像砖

1954 年成都市郊羊子山出土东汉庭院画像砖。砖纵 40 厘米、横 45 厘米。主体部分由回廊筑成前后两院。后院为一座三开间悬山顶堂屋，屋前有台阶，屋内两人席地而坐，院内两鹤伫立，堂屋屋檐下两柱并方形柱础。前院，由左下栅栏门进入，院内两鸡相斗，由中廊门入后院。后院廊房北一活动门，可入东室，东室有井、厨炊等，突出的是一木构 4 层高楼，缩入型 4 大木柱及斗拱为楼架，底层可见上楼之梯。现藏四川省博物馆

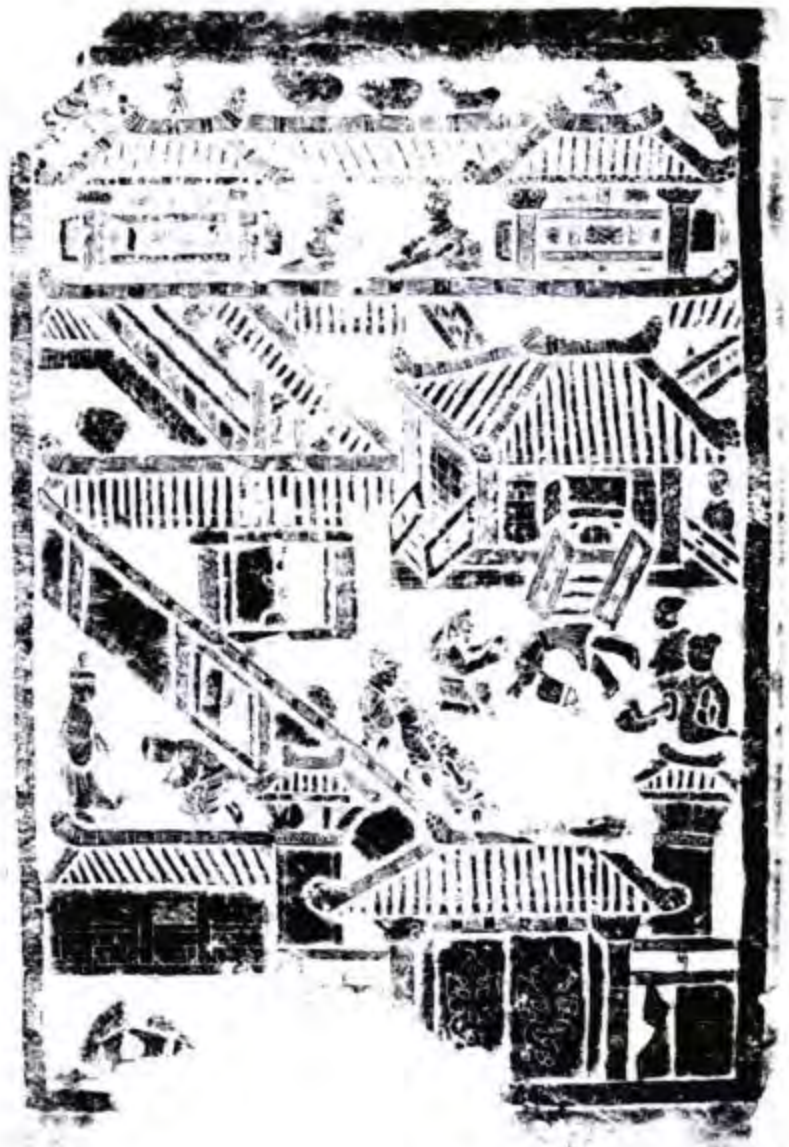


图 8-14　山东旧县村东汉庭院画像石

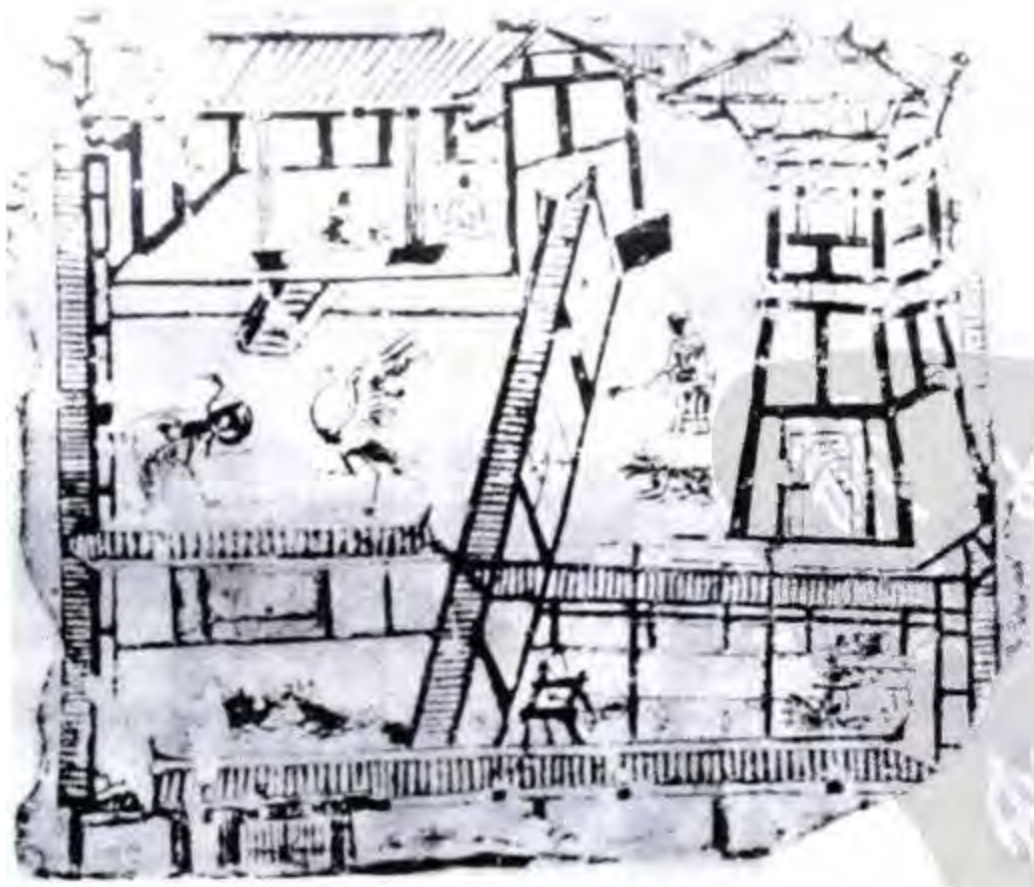


图 8-15　成都羊子山汉庭院画像砖

图 8-16　四川汉木构长屋画像砖

1953 年修建宝成铁路沿线出土汉代长屋画像砖，高 14 厘米、宽 63 厘米。长屋前檐下 5 巨柱与斗拱。现藏重庆市博物馆。

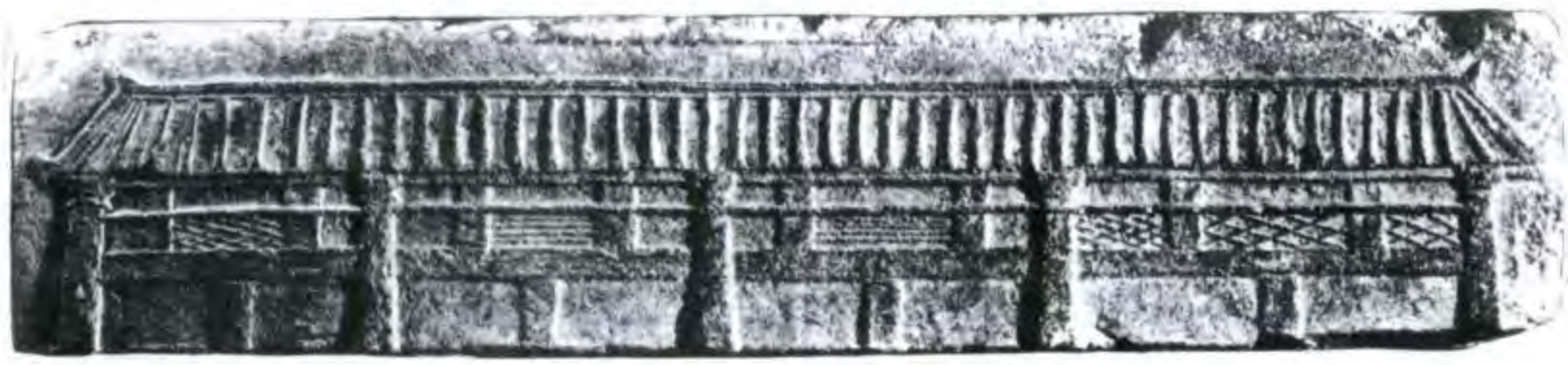


图 8-16　四川汉木构长屋画像砖

图 8-17　汉双阙杆栏建筑画像砖

1926 年四川灌县民兴乡发现汉代双阙杆栏建筑画像砖，纵 85 厘米、横 223 厘米。除对称三层双阙外，有门廊，其内（即画面左边）为四阿顶式双层杆栏建筑。现藏四川灌县文物保管所。

图 8-17　汉双阙杆栏建筑画像砖

图 8-18　内蒙古和林格尔汉墓壁画《宁城图》之官衙建筑

1972 年在内蒙古和林格尔发现东汉墓壁画《宁城图》，宽 159 厘米、高 129 厘米。其中有幕府衙署之建筑，府门朝南 3 间，左右联建单出之门阙，入门有前庭，庭西有独立院落，东北西三面环以廊庑。院中一厅堂；庭东一大堂，坐主人宾客、列侍从，悬帷帐。堂前庭中陈伎乐歌舞、百戏。东北有兵营、仓库、官吏住所。西北隅还有双层大建筑。整个衙署为木结构，柱、坊、门、窗概施以朱红。今藏内蒙古博物馆。

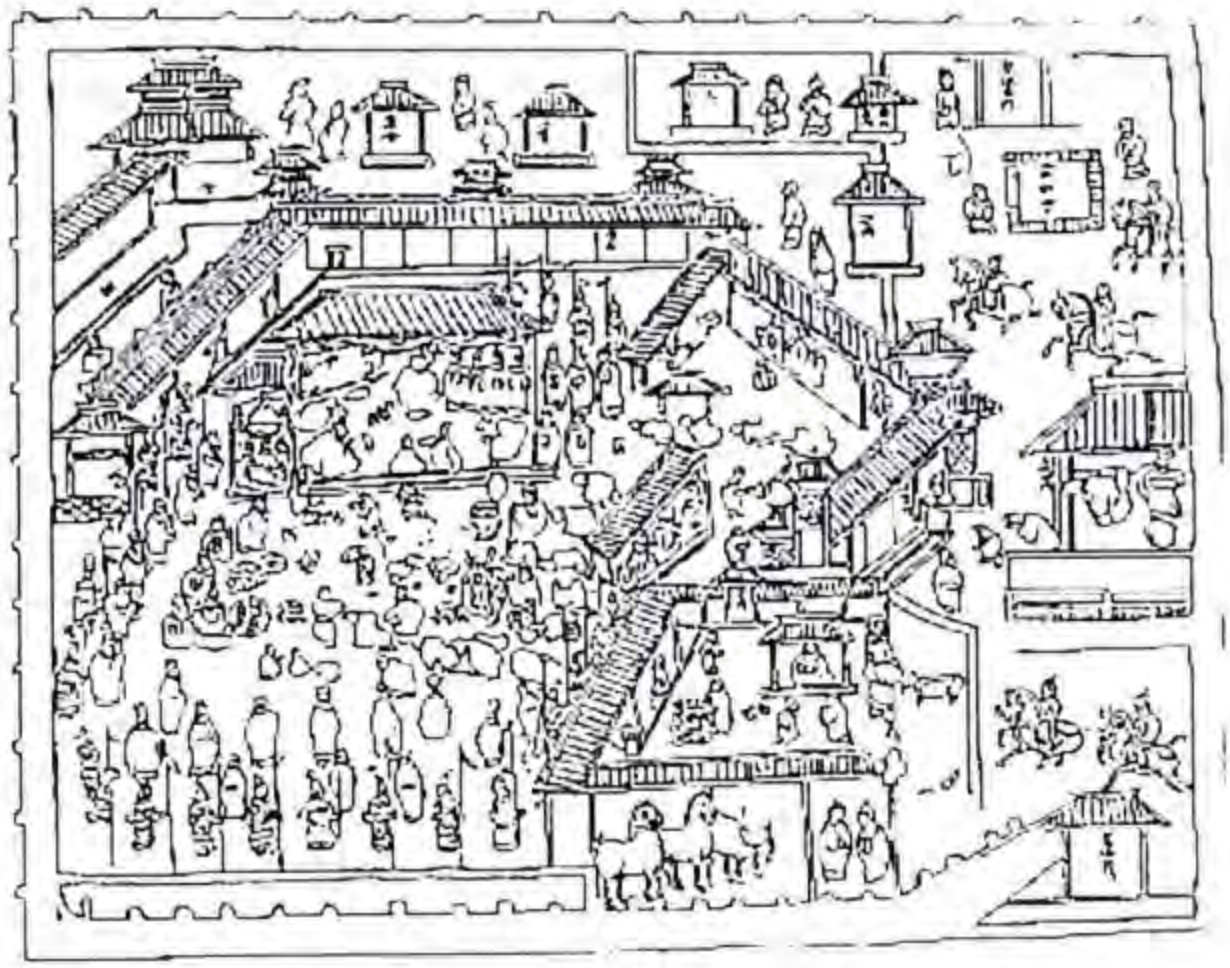


图 8-18　内蒙古和林格尔汉墓壁画《宁城图》之官衙建筑

图 8-19　晋初瓷院落

1986 年武汉市刘集乡黄陂滠口古墓中出土吴末晋初瓷院落。院落平面长方形，长 70 厘米、宽 50 厘米，由围墙、前后门楼、四角角楼、院内左右厢房和后室组成。围墙上有双坡檐顶，布局左右对称。或为墓主人生前所住屋。今藏武汉市博物馆。

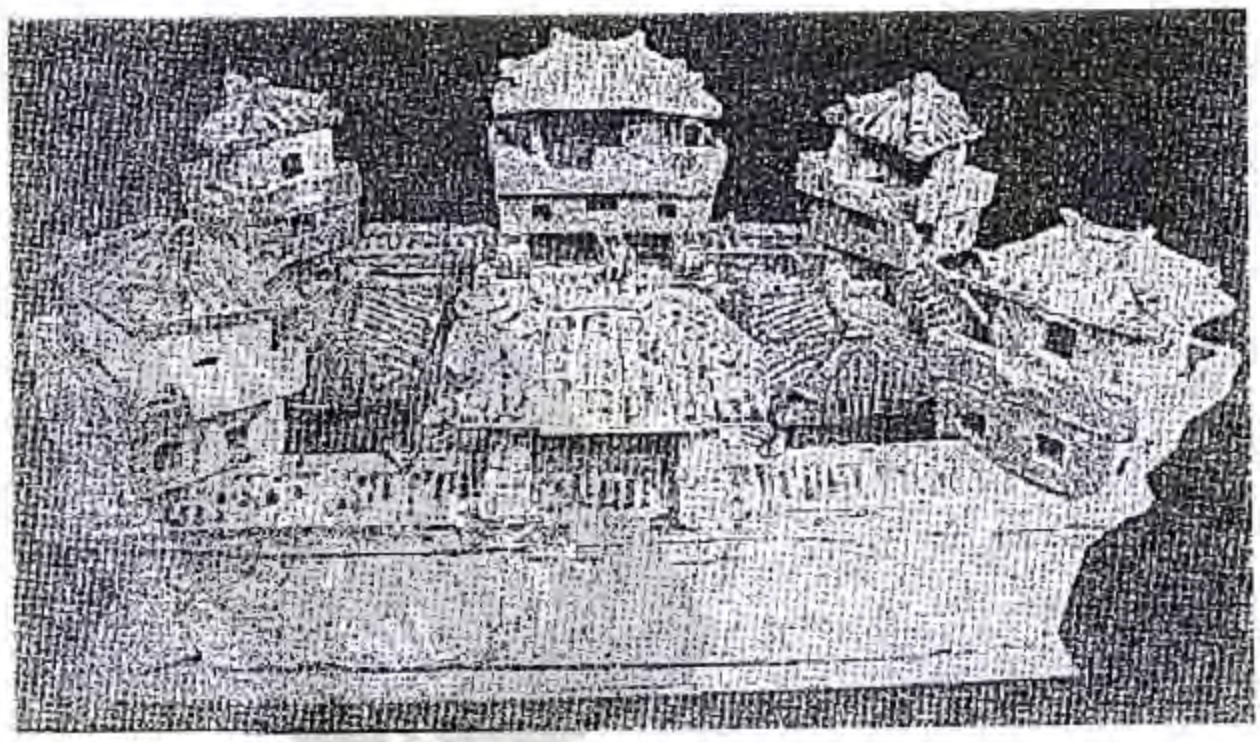


图 8-19　晋初瓷院落

图 8-20　嵩岳寺塔

位于河南登封市，建于北魏正光四年（523），是中国现存最早的一座塔。塔底平面 12 边形，塔身上部改为 8 角形。通高 39.8 米、底层外径 10.6 米、内径约 5 米，壁体厚 2.5 米。15 层塔檐，为砖砌密檐式塔。塔内为砖砌空筒。

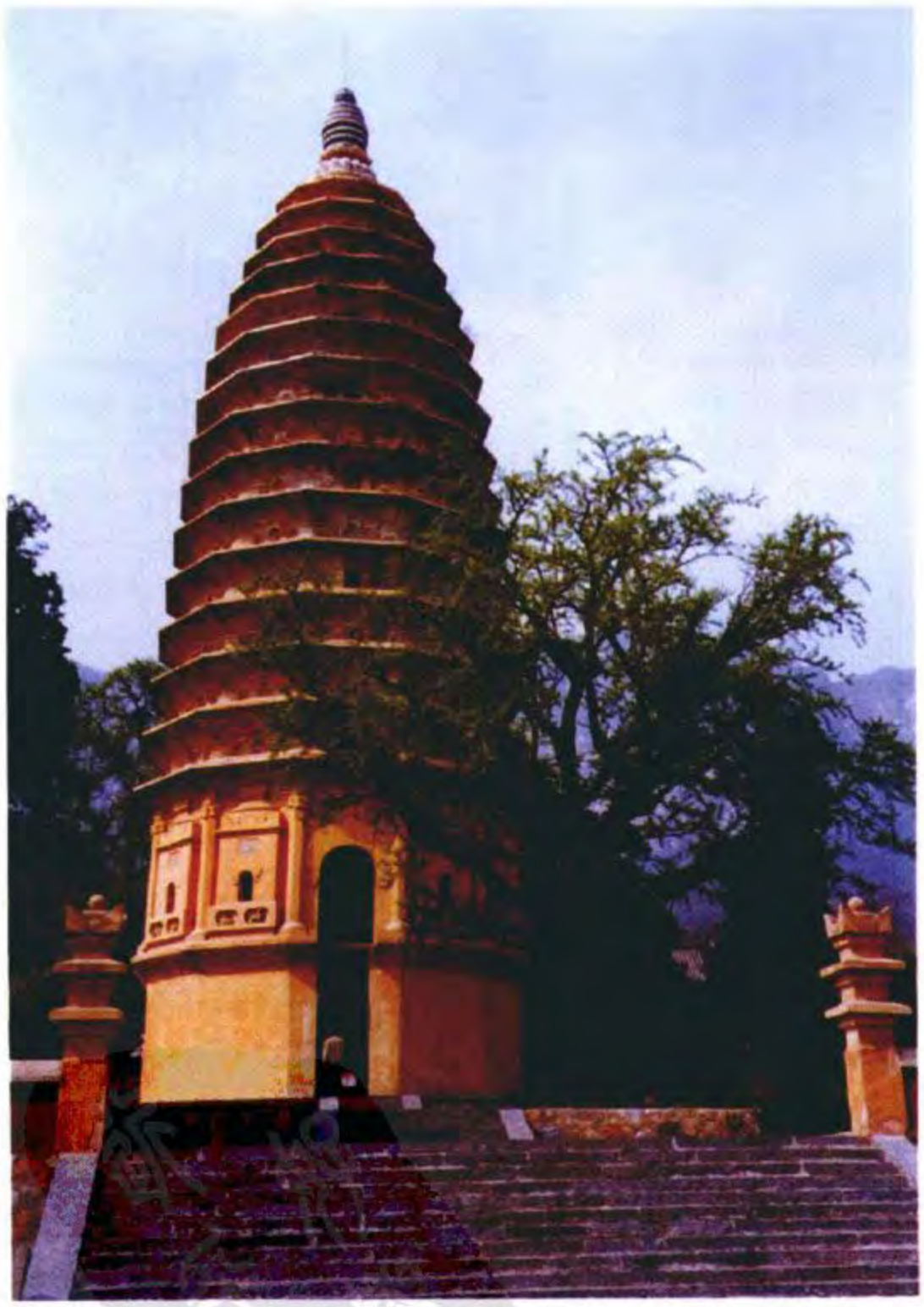


图 8-20　嵩岳寺塔

图 8-21　隋唐长安布局图

隋唐两代都城长安在今西安地区。始建于隋开皇二年（582），名为大兴城。入唐后，改为长安城，增建大明宫（城北墙外）、兴庆宫（城东）和曲江风景区（城东南隅）。城郭东西

宽 9721 米，南北长 8652 米，面积达 84 平方公里，为世界古代规模最大的都市。位于正北的宫城、皇城毗连，二者东西宽 2820 米，南北长 3336 米。宫城三部分：太极宫（皇帝居住、听政），掖庭宫（宫人居所）和东宫（太子居所）。皇城为中央各衙署所在地。皇城与宫城间一条宽 220 米的东西御道。由皇城朱雀门到明德门一条南北纵贯中轴街道，宽达 150 米。东西或南北两城门相对的街道，多在 100 米宽，仅延平门、延顺门东西街道宽度在 55 米左右。对称的东市、西市为手工业与商业市肆集中区。里坊与街道按东西南北正方向地理分布，寺观塔楼对称有序。

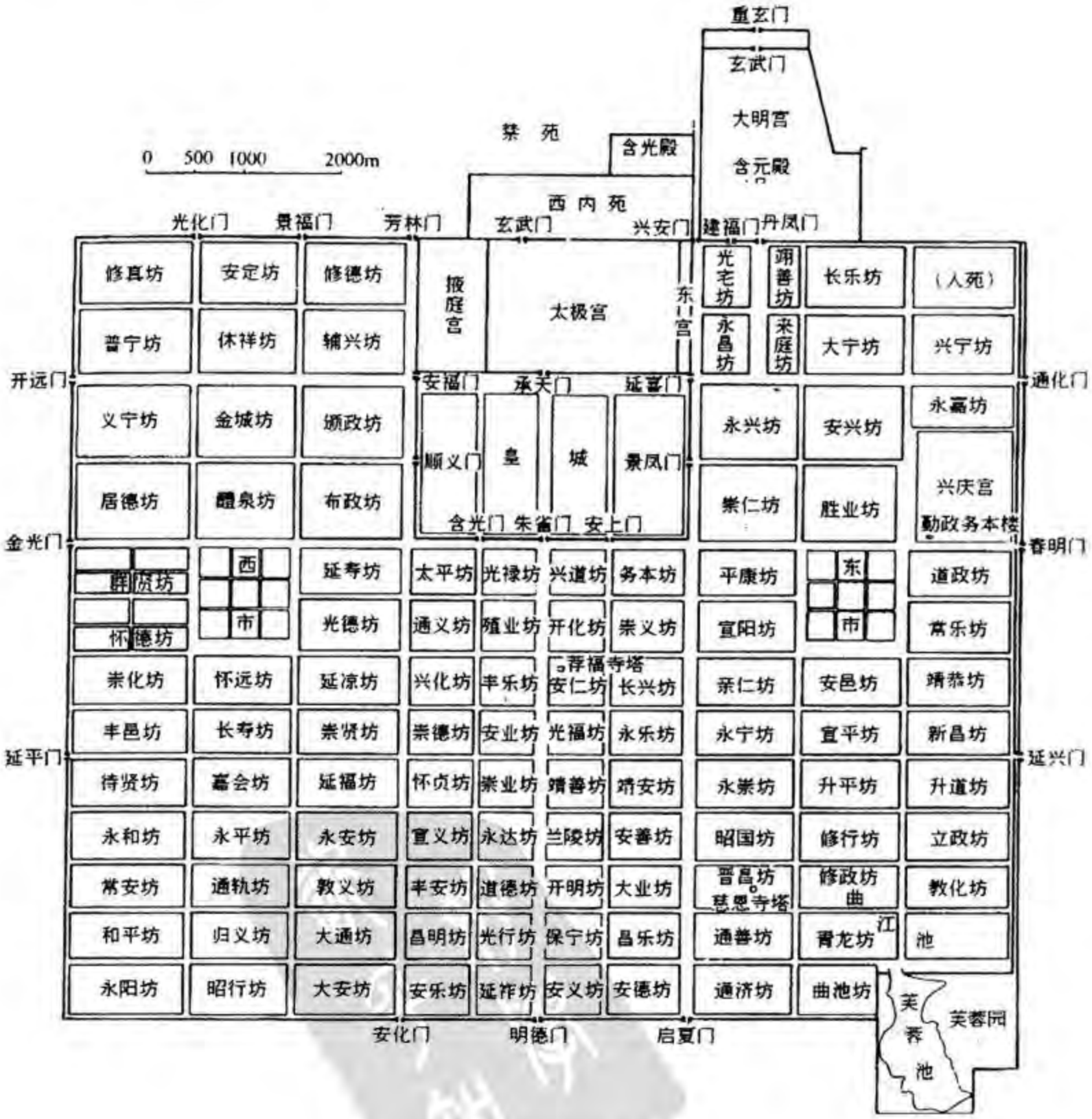


图 8-21 隋唐长安布局图

图 8-22 隋唐东京布局图

隋唐两代东京（洛阳）始建于隋炀帝大业元年（605）。城址北依邙山，南对伊阙龙门。东西长约 6 千米，南北长 7 千余米，面积约为唐长安城之半。洛水横穿中心，将城分为南北两半。西北为宫城、皇城。城内有北市、南市和西市。棋盘布局的里坊，对称有序，街道纵横，正南北走向，通贯全城。洛阳与长安成为中国和东亚后世城市布局的楷模。

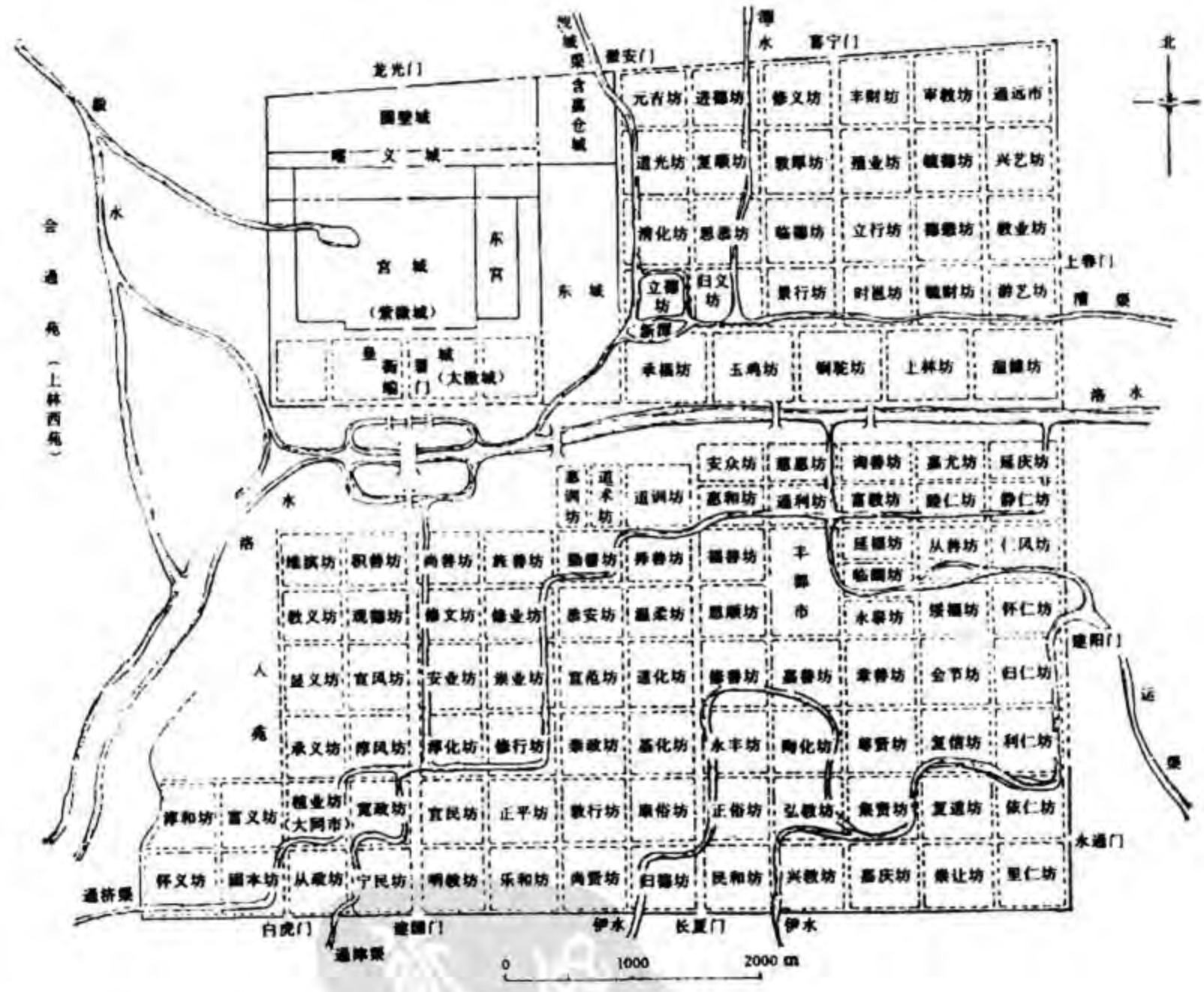
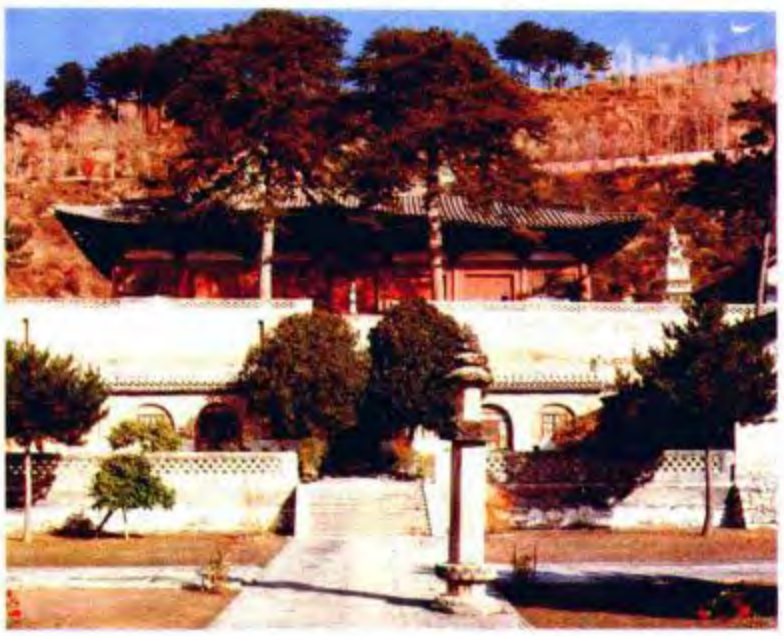


图 8-22 隋唐东京布局图

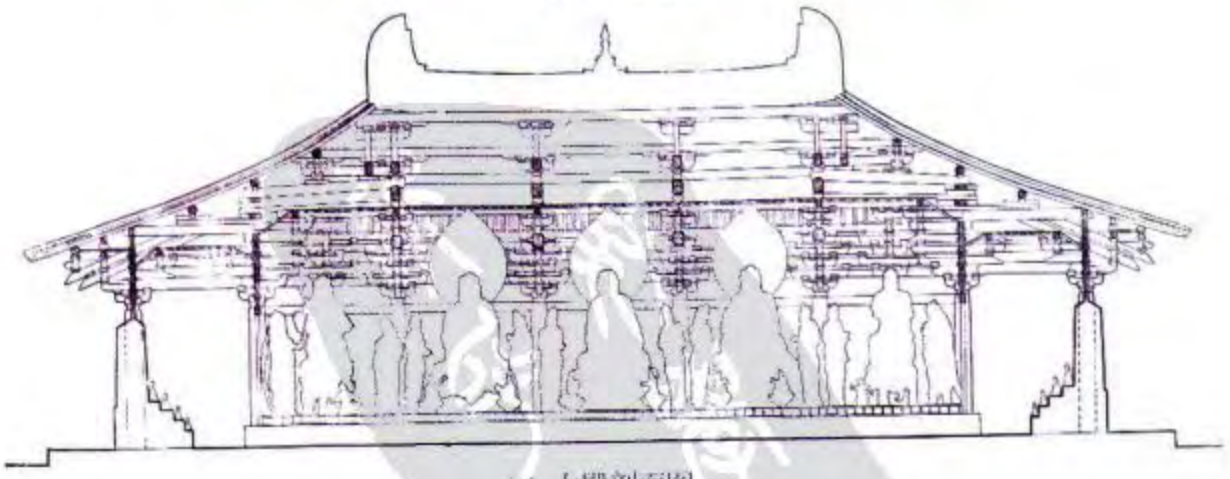
图 8-23 山西五台佛光寺大殿

位于山西五台县豆村，建于唐大中十一年（857）。大殿面宽 7 间，34 米；进深 8 椽，17.66 米，单檐庑殿顶，建于寺院东山坡平台上。内外柱同高，以斗拱架构将全殿分内外槽，是唐代殿阁型木构建筑的典型。



(a) 大殿正面

(b) 大殿侧面



(c) 大殿剖面图

图 8-23　山西五台佛光寺大殿

图 8-24　山西五台南禅寺正殿

位于山西五台县李家庄，建于唐建中三年（782），是现存少有的唐代木构建筑。平面深广各 3 间，面阔 11.62 米，进深 9.67 米，单檐歇山顶，周围列柱 12 根，殿内无柱，以两架通长的 4 椽栿为承重构架，室内构件组合简洁明亮。后檐与两山均为土坯垒砌，内外抹灰刷浆。

图 8-24　山西五台南禅寺正殿

图 8-25　兴教寺玄奘塔

位于陕西长安县少陵原兴教寺内，为唐高僧玄奘的墓塔，建于唐高宗总章二年（669）。高 21 米，5 层塔檐，全部砖砌。一层经后代修理，为素墙面，内有方形龛室。二层以上全部填实，外表以砖砌出三间四柱形，还有砖拱。塔檐为凹曲面。

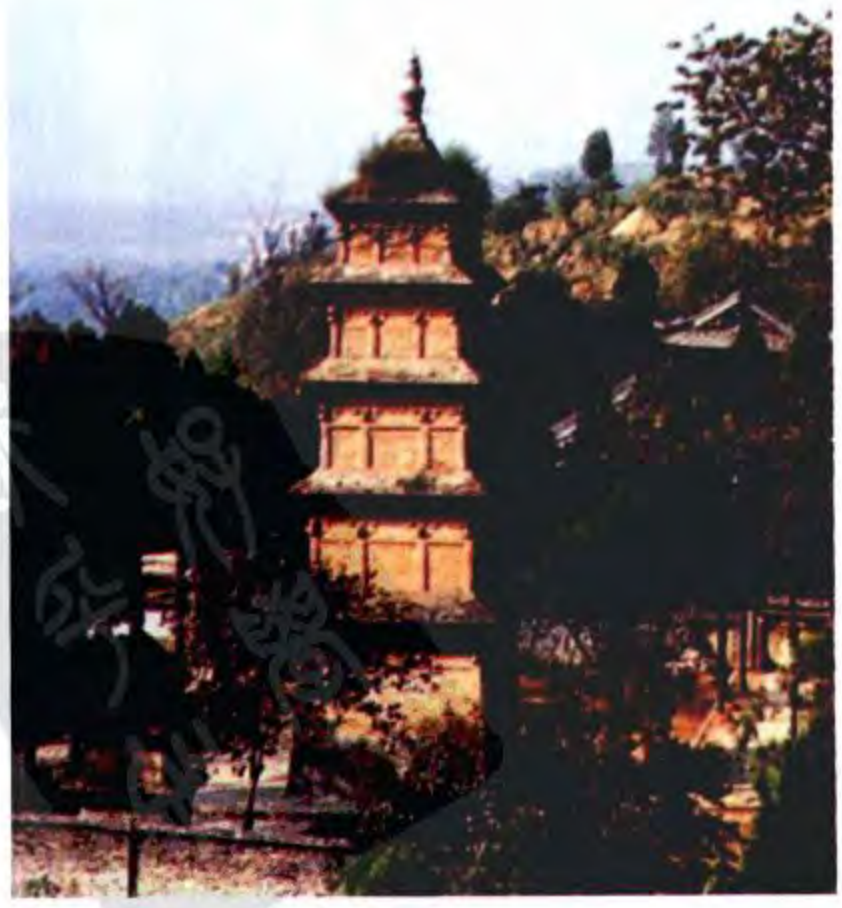


图 8-25　兴教寺玄奘塔

图 8-26　西安大、小雁塔

位于西安南郊慈恩寺内大雁塔，初建于唐永徽三年（652），武则天时重建为 10 层，今剩 7 层，塔外围墙为明万历年间所建。属楼阁式砖塔，方形平面，内空筒式，通高 63.25 米，内设木梯、木楼板。小雁塔位于西安市南关荐福寺内，建于唐中宗景龙元年（707）。原塔 15 层，今剩 13 层，残高 43.3 米；方形平面，每边长 11.38 米。为砖密檐塔，其内设木构楼层和砖砌蹬梯。

(a) 大雁塔

(b) 小雁塔

图 8-26　西安大、小雁塔

图 8-27　敦煌莫高窟宅院壁画

敦煌莫高窟有许多壁画绘画了隋、唐、五代时期公卿贵戚和名士文人的住宅居室。莫高窟第 58 窟壁画是一乡村官宦宅院。住宅分廊院和正院，二进门方能到达正院二层主楼。廊院狭长，正院方广。主楼与廊门、前大门成一主轴。院外一侧为版筑墙围台的厩院。这是唐代院落住宅中常见的布局。

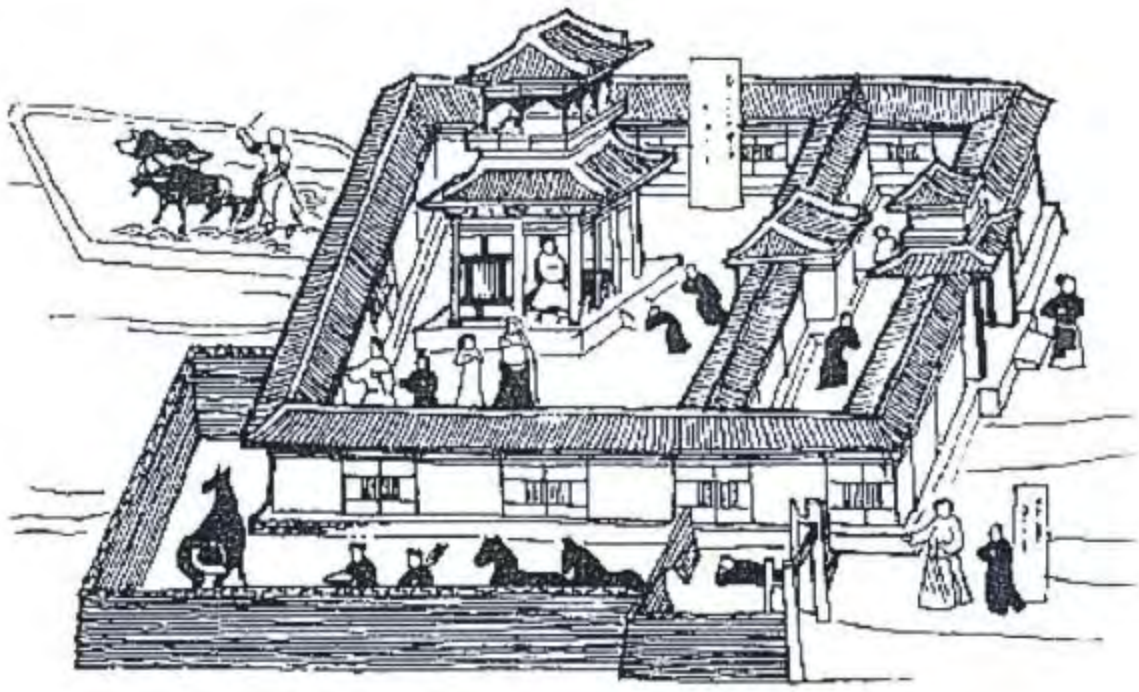


图 8-27　敦煌莫高窟宅院壁画

图 8-28　镇国寺万佛殿

位于山西省平遥县，建于北汉天会七年（963）。面阔进深各 3 间，单檐歇山顶，殿内无柱，为彻上露明造。柱头斗拱七铺作，高达 1.85 米，出檐达 2.94 米，颇具唐建筑风格。

图 8-28　镇国寺万佛殿

图 8-29　独乐寺观音阁

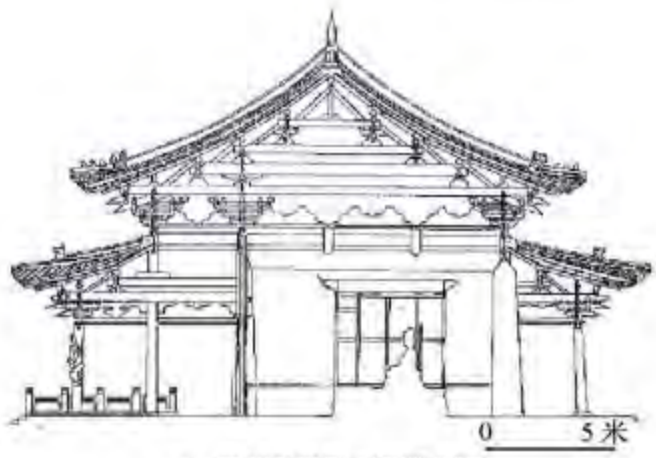
独乐寺位于天津蓟县城内西街，寺内观音阁建于辽统和二年（984），为一座殿阁型木构建筑。其外观显两层，总高 19.73 米。底座平面分内外槽。外槽：面阔 5 间，广 19.93 米，进深 8 架椽、14.04 米；内槽：面阔 3 间，进深 4 架椽。阁体实际构架高 3 层：下层挑出斗拱、下檐，下檐出挑 3.16 米；中层挑出斗拱、平座，平座出挑 1.12 米；上层同下层构架。每层都有柱网层、铺作层，全阁有 7 个构造层。

观音阁历千余年 28 次地震，尤其清康熙十八年（1679）8 级地震，1976 年唐山大地震。除木柱略有走闪外，大木构架安然无恙。

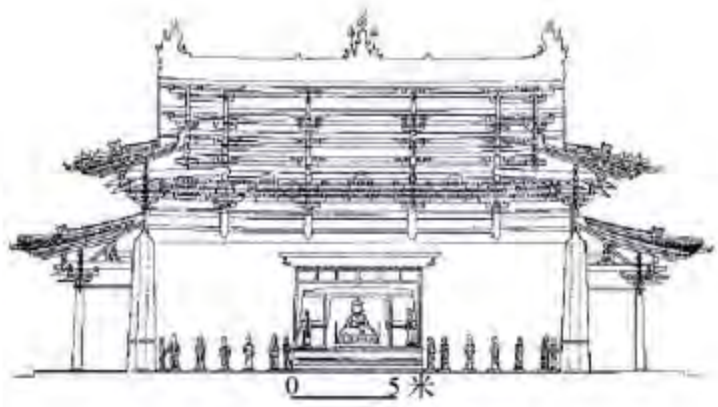
图 8-29　独乐寺观音阁

图 8-30　晋祠圣母殿

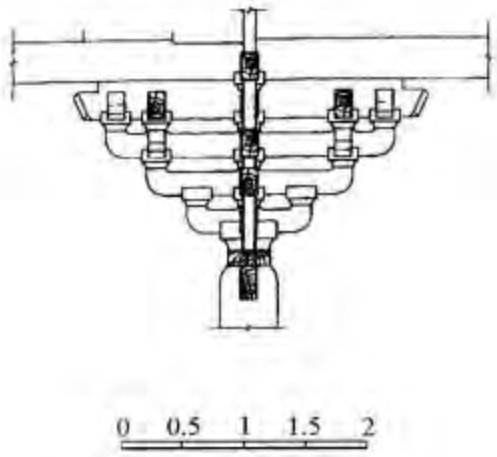
晋祠在山西省太原市南郊悬瓮山麓，其圣母殿创建于北宋天圣年间（1023～1032），崇宁元年（1102）重修，是晋祠主题建筑。面阔 7 间，进深 6 间，重檐 9 脊顶，为殿堂型木构建筑，斗拱铺作，种类繁多，气势轩昂。



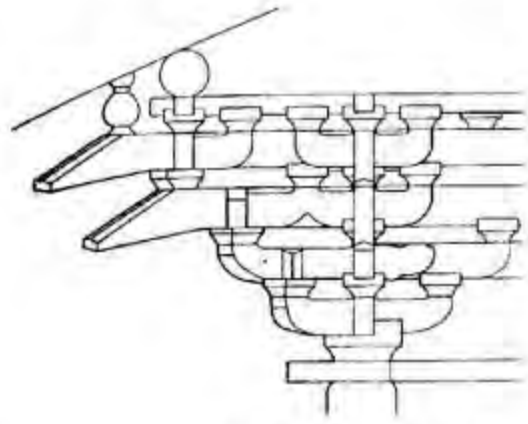
(a) 晋祠圣母殿明间横剖面



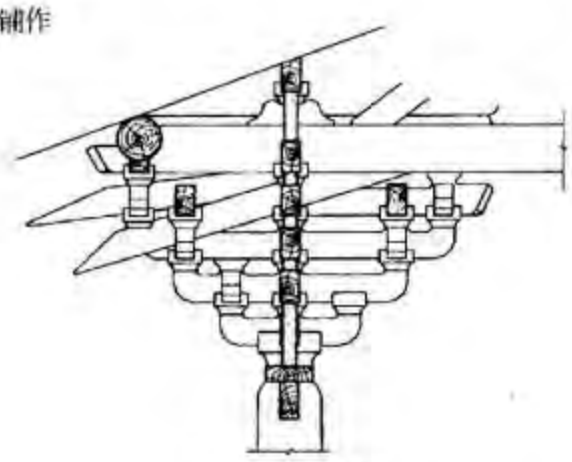
(b) 圣母殿纵剖面



(c) 内檐柱头铺作



(d) 上檐转角铺作立面



(e) 上檐柱头铺作

图 8-30　晋祠圣母殿

图 8-31　华严寺大雄宝殿

位于山西省大同市的华严寺，初建于辽重熙七年（1038）前。金灭辽后，于天眷三年（1140）重建。大雄宝殿为华严寺上寺主殿。大殿面宽 9 间，长 53.9 米；进深 5 间，宽 27.5 米。现存元以前木构殿屋中体型最大的一座，殿内中跨宽度近 12 米。屋顶坡度平缓，檐口平直，起翘少，墙体厚实，保存了浓厚的唐辽北方建筑风格。

图 8-32　苏州玄妙观三清殿

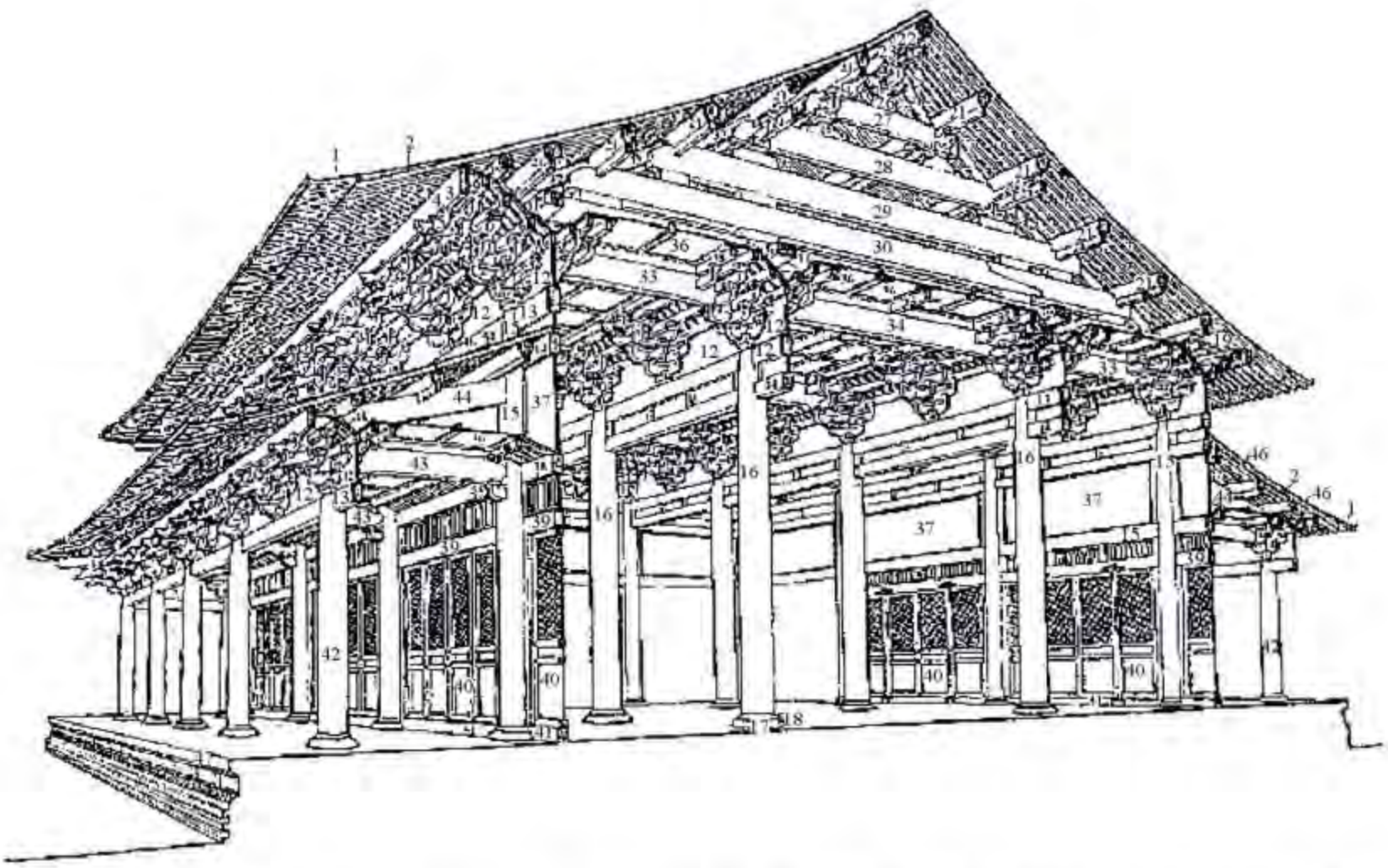
位于苏州市观前街，创建于西晋咸宁二年（276），道观名字多次更改。元至元元年（1264）改额名玄妙观。三清殿重建于南宋淳熙六年（1179），面阔 9 间，约 46.10 米；进深六间，约 25.55 米；高 25.50 米。重檐歇山顶，出檐远，斗拱雄大，顶部斗拱上昂，为国内少见，也是江南地区最大的宋代木构建筑。

图 8-31　华严寺大雄宝殿

图 8-32　苏州玄妙观三清殿

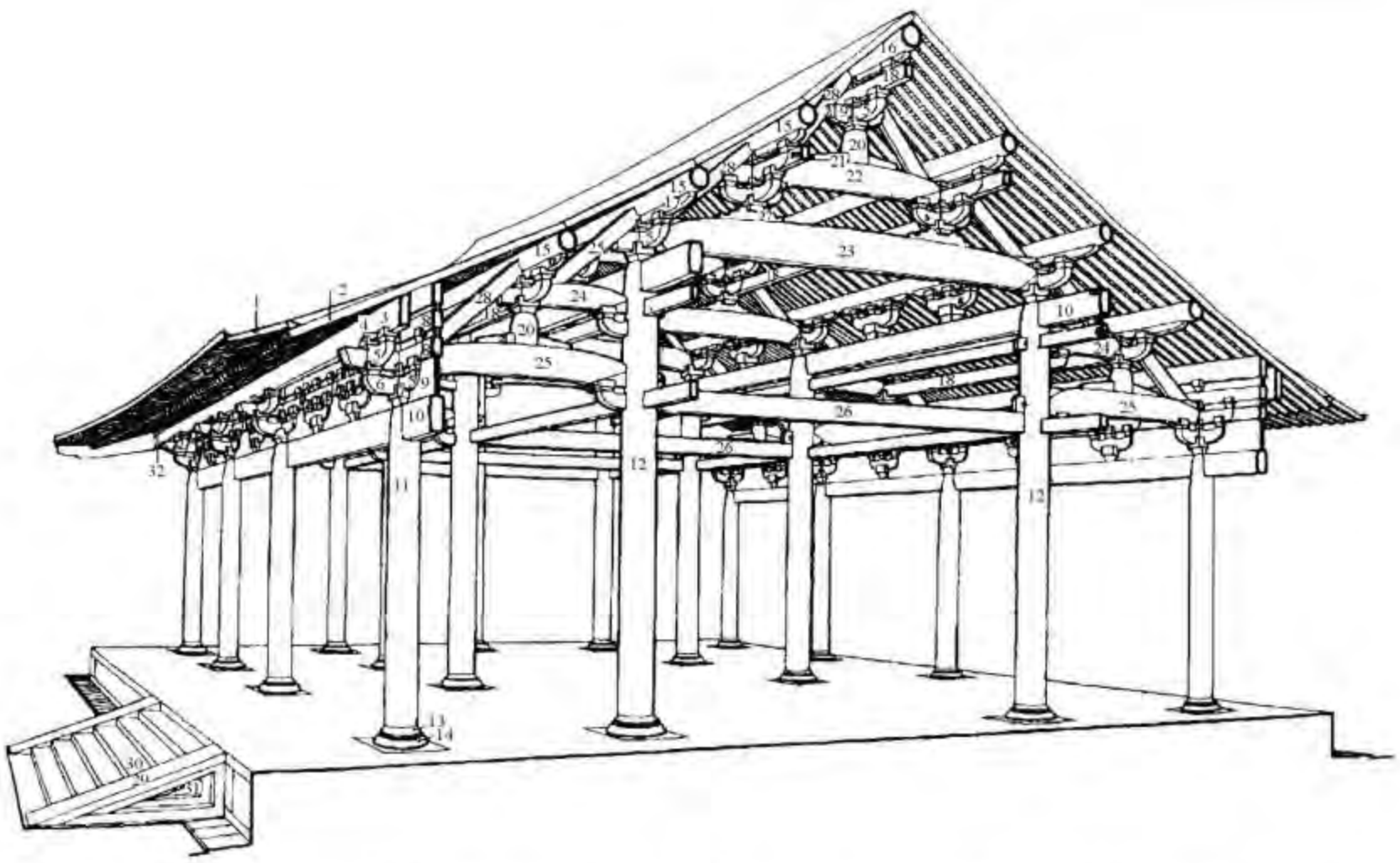
图 8-33　宋代建筑构架

宋代李诫（？～1110）《营造法式》所示两种建筑构架：殿堂型和厅堂型。它们代表唐宋建筑范例，具有极好稳定性，但工序复杂，作工精细，自宋以降逐趋简化。



1. 飞子；2. 檐椽；3. 撩檐方；4. 斗；5. 栱；6. 华栱；7. 下昂；8. 耍头；9. 罗汉方；10. 柱头方；11. 遮椽板；12. 栱眼壁；13. 阑额；14. 由额；15. 檐柱；16. 内柱；17. 柱础；18. 柱础；19. 牛脊槫；20. 压槽方；21. 平槫；22. 脊槫；23. 替木；24. 襻间；25. 驼峰；26. 蜀柱；27. 平梁；28. 四椽栿；29. 六椽栿；30. 八椽栿；31. 十椽栿；32. 托脚；33. 乳栿（明栿月梁）；34. 四椽明栿（月梁）；35. 平基方；36. 平基；37. 殿阁照壁版；38. 障日板（牙头护缝造）；39. 门额；40. 四斜毬文格子门；41. 地栿；42. 副阶檐柱；43. 副阶乳栿（明栿月梁）；44. 副阶乳栿（草栿斜栿）；45. 峻脚椽；46. 望板；47. 须弥座；48. 叉手

（a）殿堂型构架示意图



1. 飞子；2. 檐椽；3. 撩檐方；4. 斗；5. 栱；6. 华栱；7. 柣斗；8. 柱头方；9. 栱眼壁板；10. 阑额；11. 檐柱；12. 内柱；13. 柱櫍；14. 柱础；15. 平栿；16. 脊栿；17. 替木；18. 襻间；19. 丁华抹颏栱；20. 蜀柱；21. 合楮；22. 平梁；23. 四椽栿；24. 劄牵；25. 乳栿；26. 顺栿串；27. 驼峰；28. 叉手、托脚；29. 副子；30. 踏；31. 象眼；32. 生头木

(b) 厅堂型构架示意图

图 8-33　宋代建筑构架

图 8-34　定州开元寺塔

河北定州（定县）南门内开元寺塔建于宋仁宗至和二年（1055），为一楼阁式砖塔。八角 11 层，高 84 米。是迄今保存塔中最高的砖塔。其结构采用厚壁筒体，中央带塔心柱，无塔心室，每层有回廊空间可供登临。因地处宋辽交界，宋军利用此塔瞭望军情，故又名料敌塔。第 2 至第 9 层的 4 个侧面皆有砖制盲窗，装饰各种棂花窗格，砌制精巧，表现了宋代小木作装修技艺。

图 8-35　应县木塔

山西应县楼阁式木塔建于辽道宗清宁二年（1056），高 67 米（不计塔刹高度），八角形，底层直径 30.27 米，外观为 5 层 6 檐（底层为重檐）。由基座、塔身和塔刹三部分组成。基座为 2 层砖石结构，高 4.4 米。塔身下层方形，边长约 40 米；上层为 8 角形，直径为 35.47 米；塔身实为 9 层全木结构（第 1 至第 4 层为双层结构）。塔刹全长 14.21 米，伸出塔顶长 9.91 米。其体形高大，结构复杂，轮廓优美，为中国古代木构建筑代表作。历经近千年，至今完好。

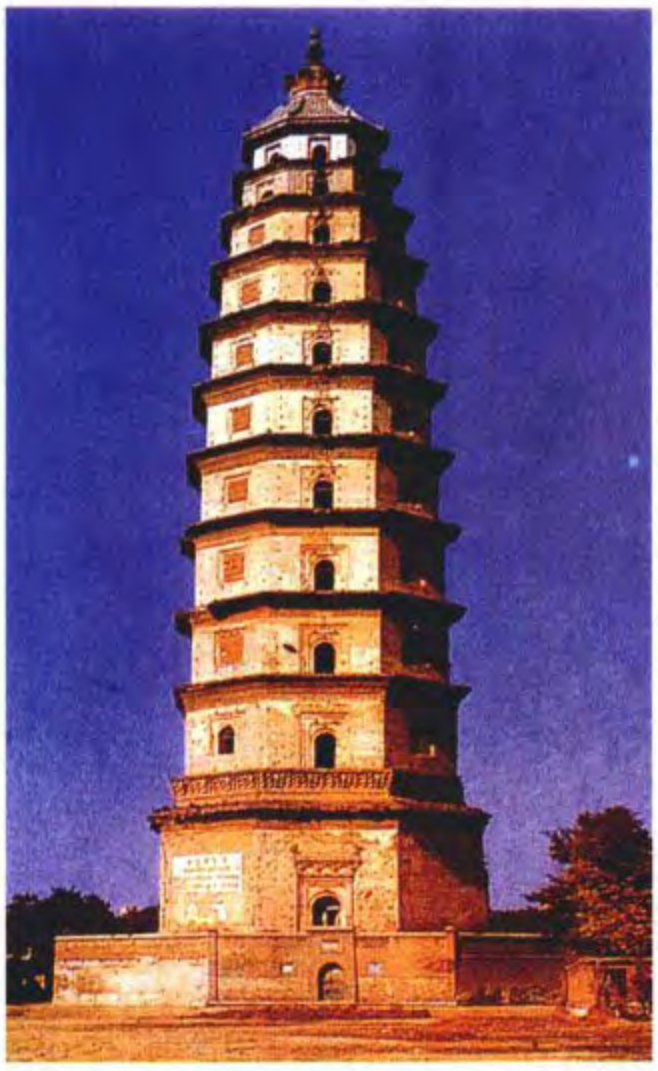


图 8-34　定州开元寺塔

图 8-35　应县木塔

图 8-36　泉州开元寺仁寿塔

泉州开元寺有东西二塔，东名镇国塔，西名仁寿塔，合称开元寺双塔，是全国石塔中最高的一对。仁寿塔建于宋绍定元年（1228），全部用花岗石砌造，外形仿木塔，属楼阁式砖石塔。塔体 8 角 5 层，高 44 米，塔内设巨大塔心石柱，底径约 14 米。做工精细，雕刻精湛。

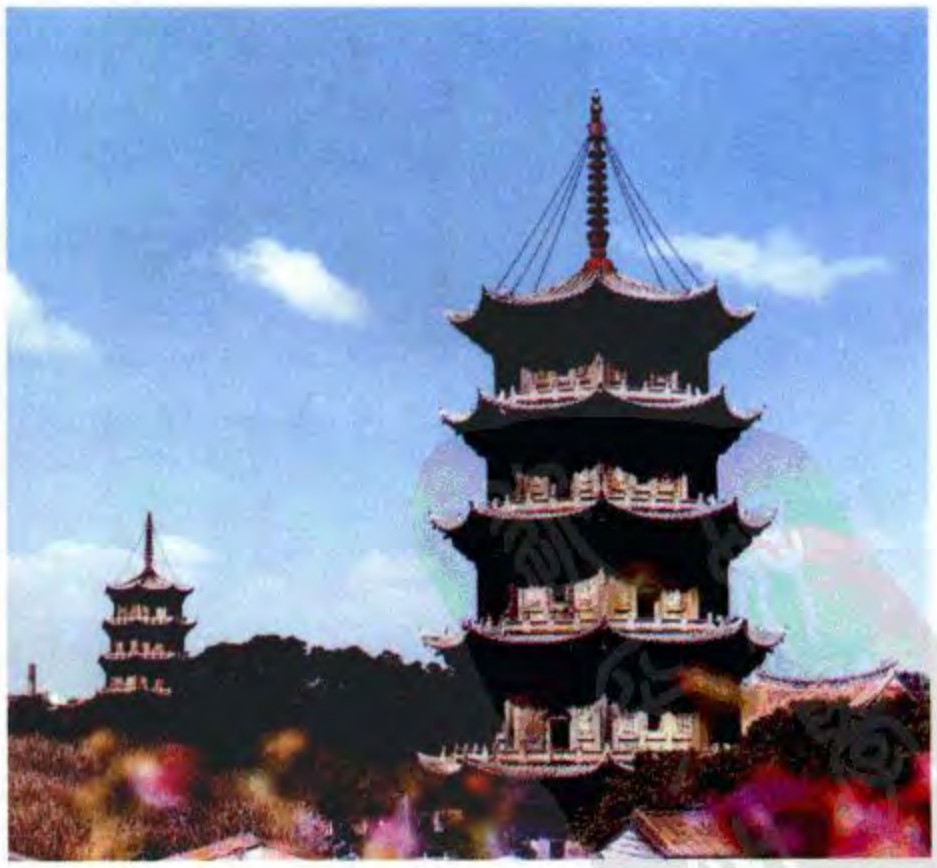


图 8-36　泉州开元寺仁寿塔

图 8-37　苏州报恩寺塔

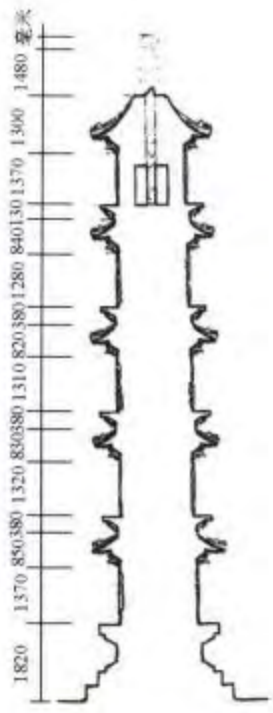
俗称北寺塔，始建于萧梁朝，宋绍兴年间（1131～1162）重建。塔平面 8 角形，高 9 层，76 米。为砖木混合楼阁式塔，即塔身砖造，外围木构。巨大塔刹柱贯穿顶上第 8、9 两层塔心柱，安装牢固。

图 8-37　苏州报恩寺塔

图 8-38　浙江湖州飞英塔

位于湖州城北的飞英塔为一子母塔，即塔中有塔。外塔为砖木混合结构楼阁式建筑，内塔为白石实心塔。内塔建于唐中和四年（884），外塔建于北宋开宝年间（968～976）。建成后外塔在历代屡经修缮，1940～1950 年代已残破不堪，岌岌可危。1962～1986 年间又全部维修，得显古塔奇观。内塔 8 边 5 层，残高 14.55 米，底层最大边长 0.75 米，仿木结构，塔身上雕刻千余尊佛像、狮、象等，迄今仍保持原样。外塔 8 边 7 层，残高 36.32 米，经过 20 世纪 80 年代修缮后，高为 55 米。外塔为厚壁筒体结构，砖壁木檐，木平座楼阁式大塔，底层边长 5.10 米，对边间距 12.30 米，砖壁底层厚为 2.4 米，最薄第 5 层为 1.68 米。沿外塔扶梯拾级盘旋而上，内可俯视唐代石塔之全貌，外可眺望湖州城之美景。

(a) 飞英塔



(b) 飞英塔内小石塔

图 8-38　浙江湖州飞英塔

图 8-39　觉山寺塔

位于山西灵丘县觉山寺塔建于辽大安六年（1090），为典型辽代密檐塔，保存良好。由塔座、塔身、塔檐和塔刹四部分组成，通高约 55 米。塔座与塔身为砖砌实心，8 角形仿木构筑；塔檐 13 层密檐，满布斗拱；塔刹铁质。13 层塔檐由下而上逐层收缩，外轮廓造型优美刚健。

图 8-39　觉山寺塔

图 8-40　兴圣教寺塔

位于上海松江县兴圣教寺塔，建于宋熙宁元祐年间（1068～1094），是一座方形空筒形塔，砖身木檐，9 层，高 48.50 米，各层铺木楼板和木构平座，腰檐。各层外壁砌圆形倚柱，将每面分为 3 间，明间辟壶门式门洞，通中央方室，底层有副阶。塔身内斗拱多为宋代原物。

图 8-40　兴圣教寺塔

图 8-41　当阳铁塔

位于湖北当阳县长坂坡以西玉泉寺山门前，为佛牙舍利宝塔。建于宋仁宗嘉祐六年（1061）。八角 13 层，高 17.9 米。由塔座、塔身和塔刹三部分构成。全以生铁铸成，铁重约 53.3 吨，是我国现存最重、最高的铁塔。铁塔按木构模式翻铸而成，塔身分层铸造，逐层扣接安装，未加焊接，每层均向上略有收分。自第 5 层起塔身略向北倾斜，为建造时有意设计，以防强烈北风影响。

图 8-41　当阳铁塔

图 8-42　福州陶塔

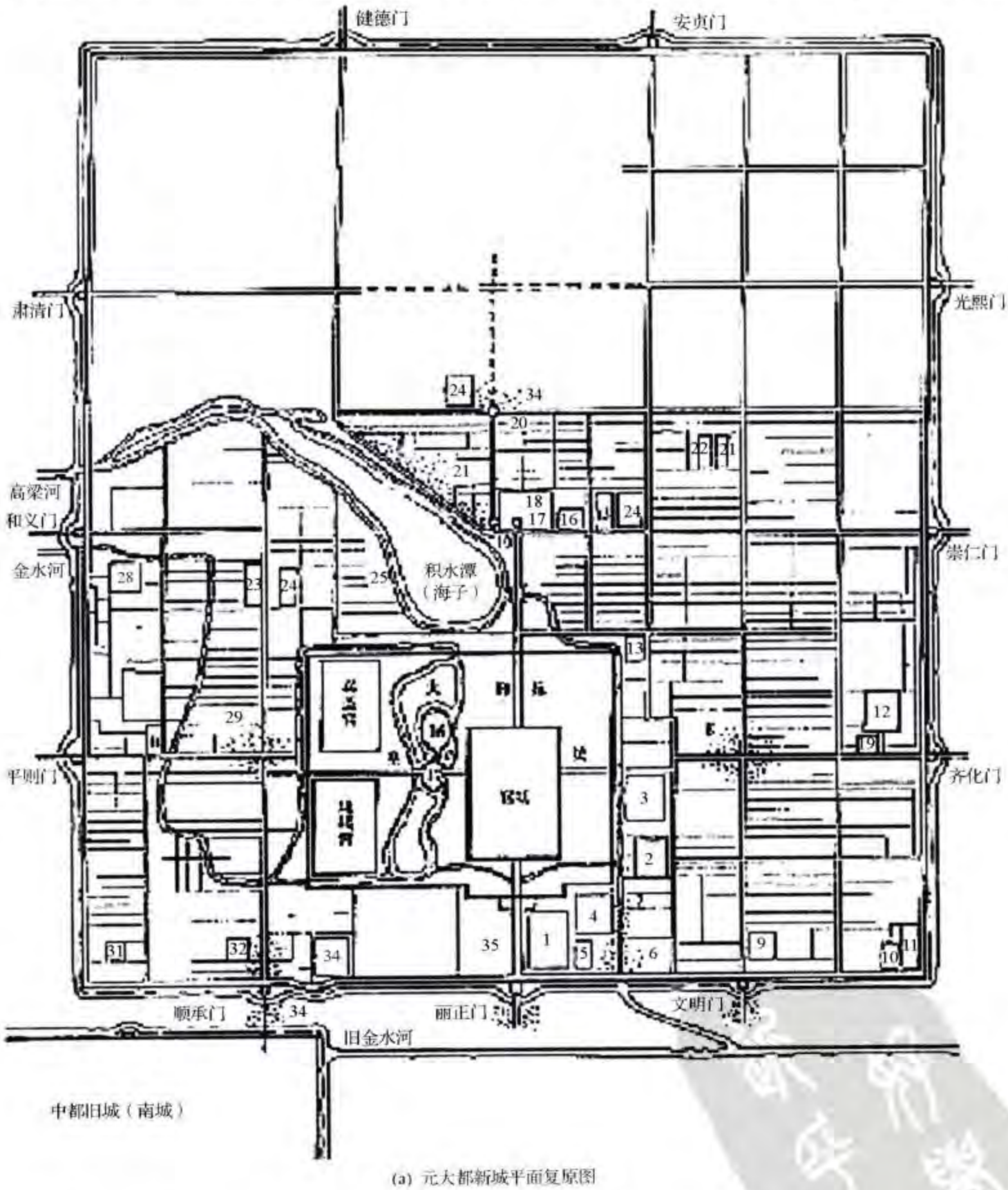
在福州鼓山涌泉寺天王殿前有两座形制相同的陶塔，原在福州南台岛上龙瑞寺内，1972 年搬迁现址。陶塔烧制于宋元丰五年（1082），为 8 角 9 级楼塔式塔，高 6.83 米，底座直径 1.2 米，立于八角形石质台阶上。各层塔身共塑佛像 1038 尊，八角塔檐有僧人、武士像共 72 尊，檐角有风铃。各层塔身按木构形制雕模后翻制泥坯，上釉烧制而成，紫铜色釉，光亮如瓷。按榫口逐层安装每层塔身。

图 8-42　福州陶塔

图 8-43　元大都平面复原图

至元四年（1267）开始元大都（今北京）宫城和都城的兴建，它是在被战火焚毁的金都城（中都）基础上兴建的。到至元末年开凿通惠河止，历经 30 年时间。先建皇宫、官署，后居民住宅，依托旧城并以水面为中心，东西宽约 6700 米，南

北长约 7600 米，面积约 50 平方公里。城门 11 座，除北面 2 座外，余皆每面 3 座。道路街巷规划整齐，基本上取南北轴对称形式。大街宽约 24 步，小街宽 12 步，火巷（胡同）384



(a) 元大都新城平面复原图

1. 中书省；2. 御史台；3. 枢密院；4. 太仓；5. 光禄寺；6. 省东市；7. 角市；8. 东市；9. 哈达王府；10. 礼部；11. 太史院；12. 太庙；13. 天师府；14. 都府（大都路总管府）；15. 警巡二院（左、右城警巡院）；16. 崇仁倒钞库；17. 中心阁；18. 大天寿万宁寺；19. 鼓楼；20. 钟楼；21. 孔庙；22. 国子监；23. 斜街市；24. 翰林院国史馆（旧中书省）；25. 万春园；26. 大崇国寺；27. 大承华普庆寺；28. 社稷坛；29. 西市（羊角市）；30. 大圣寿万安寺；31. 都城隍庙；32. 倒钞库；33. 大庆寿寺；34. 穷汉市；35. 千步廊；36. 琼华岛；37. 圆坻；38. 诸王昌童府

(b) 元大都土城遗址

(c) 元大都和义门瓮城城门遗址

图 8-43　元大都平面复原图

条。皇宫位于城中南部；东城为衙署，贵族住宅；皇城北面（旧称海子，今积水潭）为南北大运河终点码头，为繁华商业区；西城、南城为民居。城内有引水、排水设施。金水河即为宫内用水的专用水渠。

图 8-44　明北京城图

明朝定都北京，将元大都旧城加以改造，从而奠定了 1970 年代以前近代北京城的基础。洪武元年至永乐十四年（1368～1416），作为地方城市，将德胜门外近 3 公里城区舍弃城外，另筑北城墙。永乐十四年（1416）迁都北京，重建或改建紫禁城全部宫殿，增建景山，迁建城南墙，宫城位置稍向南移。加长、加宽南北中轴线，建筑中轴线上城楼和坛址，加固城墙和月城（瓮城），建九门城楼（正阳门、崇文门、宣武门、朝阳门、阜成门、东直门、西直门、安定门、德胜门），建城濠石桥等，至嘉靖三十二年（1553），形成明京都景观。

图 8-45　故宫

故宫，又名紫禁城，座落于北京城中心。为明、清两代皇宫，世界上最大的木构建筑群。

故宫始建于明永乐四年（1406），永乐十八年（1420）建成。外以护围，并有 52 米宽护城河。全城南北长 960 米，东西宽 760 米，占地 72 万平方米。城墙高 10 米。整座城东西南北各开一城门：南为午门，北为玄武门（入清改为神武门），以及东华门和西华门。四角建有角楼。午门外从北往南尚有端门、承天门（天安门）、大明门（大清门）以及正阳门，形成一条进入皇宫的宏伟多层通道。故宫可分为前后两大部分，即外朝和内廷。外朝以太和殿、中和殿、保和殿三大殿为中心，文华殿、武英殿为两翼。它们是皇帝朝政的主要场所。内廷由乾清宫、文泰殿、坤宁宫和东西六宫组成，是皇室生活区。故宫全部建筑近万间，面积约 15 万平方米。

太和殿俗称金銮殿，高 30.05 米，宽 63.96 米，进深 37.20 米，是故宫内最大的建筑。

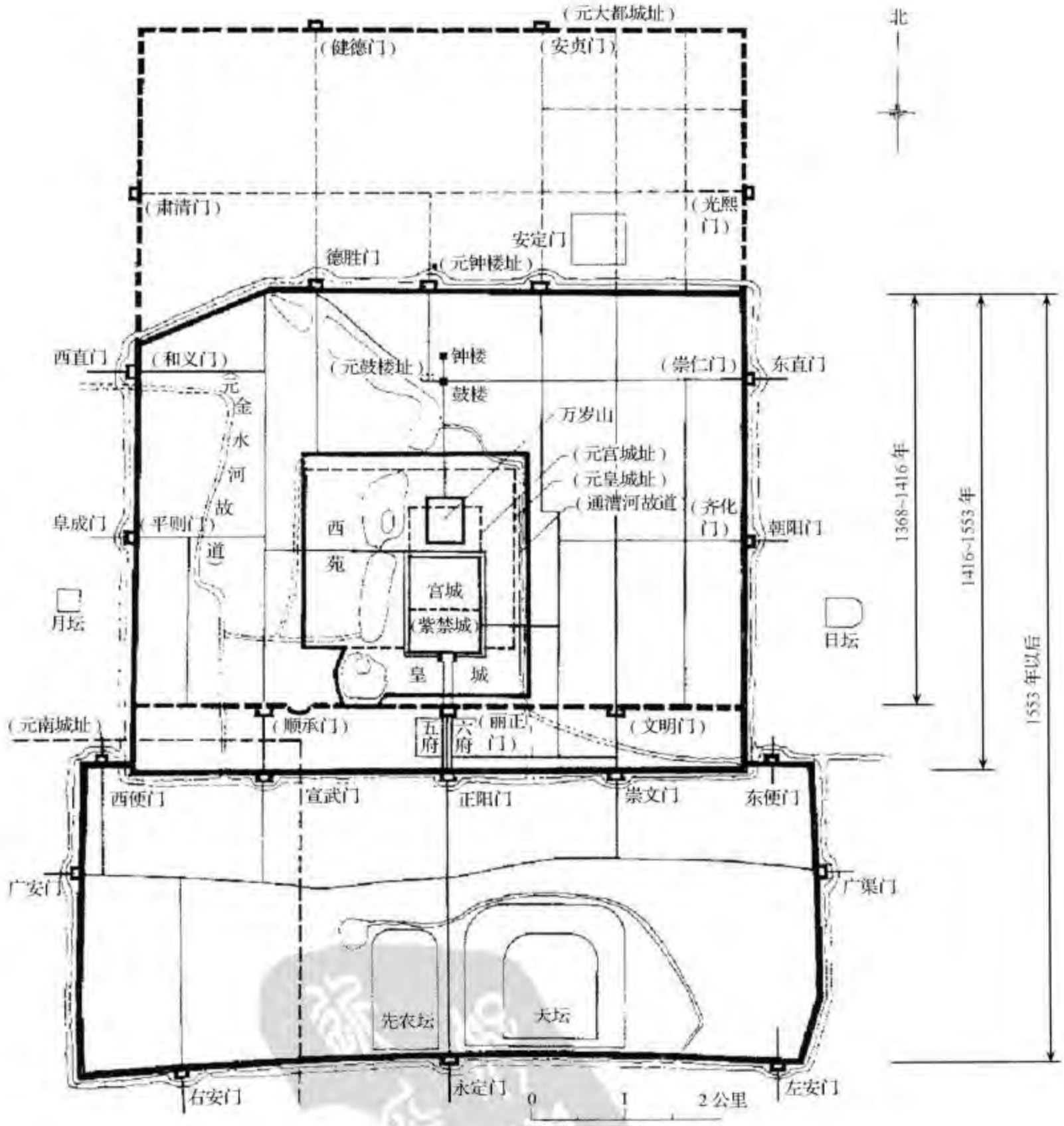

(元大都城址)
(健德门)
(安贞门)
北
(肃清门)
(光熙门)
安定门
德胜门
(元钟楼址)
西直门
(和义门)
(元鼓楼址)
钟楼
(崇仁门)
东直门
鼓楼
元金水河故道
万岁山
(元宫城址)
(元皇城址)
(通漕河故道)
阜成门
(平则门)
西苑
(齐化门)
朝阳门
月坛
宫城
(紫禁城)
日坛
皇城
1368~1416年
1416~1553年
1553年以后
(元南城址)
(顺承门)
五府
六府
(丽正门)
(文明门)
西便门
宣武门
正阳门
崇文门
东便门
广安门
广渠门
先农坛
天坛
右安门
永定门
左安门
0
1
2公里

图 8-44 明北京城图

(a) 故宫全景

(b) 故宫太和殿

(c) 故宫角楼

图 8-45　故宫

图 8-46　长城

修建长城始于春秋战国。秦始皇统一中国，于公元前 213 年发起修建万里长城，计用民工 30 万，历时 10 年，西起陕西临洮，东至辽宁锦州及辽东碣石（今朝鲜平壤南）。汉代又重修并新建数段，如朔方长城（今内蒙古河套南）、凉州西段长城等。汉以后历代屡有修建。入明，又历时百年重修。今所见之长城，多为明代重修者。明修长城，西起嘉峪关、东至山海关，长达 6350 公里，沿山势起落而蜿蜒曲折。一般地，东部城墙下宽 6 米、顶宽 5.4 米，高 8.7 米，以砖或大石条砌成，内以夯土；西部城墙多为夯土筑成，墙高 5.3 米，下宽 4 米，顶宽 1.4 米。墙顶设跺口、烽火台，还有重要关口建筑，如嘉峪关、居庸关、山海关等。

图 8-47　天坛祈年殿

北京天坛初建于明永乐十八年（1420），嘉靖间曾多次改建、扩建。天坛内祈年殿前身是明永乐天地坛太祀殿，嘉靖二十四年（1545）在原址建成三重檐尖顶圆殿，称太享殿。乾隆十六年（1751）改今名。祈年殿木构建筑，有台基、殿体组成。台基为三重、圆形、白石

(a) 长城嘉峪关内景

(b) 八达岭长城

(c) 山海关

(d) 山海关老龙头

图 8-46　长城

(a) 天坛祈年殿

(b) 祈年殿藻井木构

图 8-47　天坛祈年殿

砌成，高 6 米，底径 91 米。殿体圆形，殿内 28 根立柱，其中内、外两圈各 12 根支撑全部建筑；最内圈 4 柱，以支撑殿顶藻井结构，藻井为圆穹形斗拱木架，十分壮观、美丽。殿体三层屋檐，向上层层收缩，尖顶冲天。初建时三层瓦色为青、黄、绿，乾隆十七年（1752）改为统一的蓝色琉璃瓦。

图 8-48　泉州开元寺大殿

开元寺是闽南佛教大寺院，创建于唐垂拱二年（686），初名莲花寺，开元二十六年（738）改今名。现存主要建筑有天王殿、拜亭、大雄宝殿、戒坛、藏经阁等。大雄宝殿又名紫云大殿，系明代重建。面阔 9 间，进深 6 间，高 20 米，重檐歇山顶。

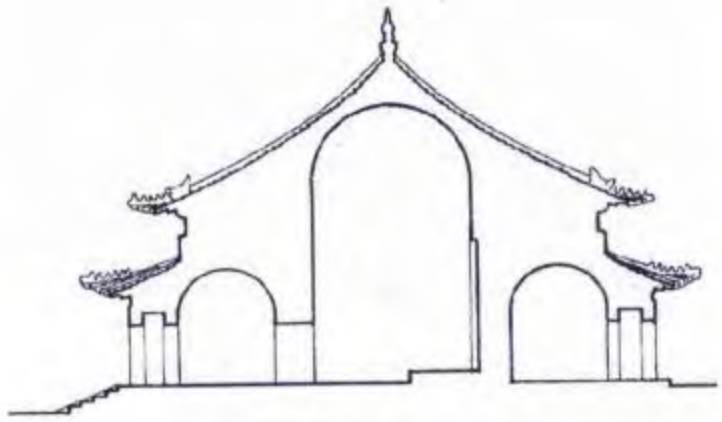
图 8-48　泉州开元寺大殿

图 8-49　无梁殿建筑

南京灵谷寺无梁殿初建于明洪武至嘉靖年间，后有数次修缮，1930 年将屋顶承重结构及斗拱改为钢筋混凝土。“无梁殿”内无木构，以砖石斗拱砌成各种拱形屋的建筑形式。灵谷寺正殿平面为 53.3 米×37.35 米，三门两墙。内部结构为券洞式，正面广 5 间，每间一券，侧面进深 3 间，各列一半圆形筒拱；中列最大，跨度为 11.25 米，净高 14 米。

图 8-50　拙政园

苏州拙政园初建于明正德年间（1506～1521），为中国私家住宅园林之典范。总面积 4.1 公顷，由三部分组成：西部补园；中部前宅后园，称为拙政园；东部为新园。拙政园为全园之主体和精华。全园大小水池、岛山亭榭、曲径通幽、林木苍翠、廊桥飞虹、倒影撷趣、对景遥呼、框景自醉。它浓缩了太湖诸岛之胜景，又层出景观、园林变异，玲珑与壮阔相衬，给人美不胜收的感受，具有中国园林的时空切换、对称奇巧、景致层出的建筑布局和特色。



(a) 无梁殿建筑示意图

(b) 无梁殿建筑

图 8-49　无梁殿建筑

图 8-50　拙政园

图 8-51　飞云楼

位于山西万荣县介店镇，初建于唐贞观年间，元、明两代屡有重修。现有建筑为清乾隆十一年（1746）重建。总高约 40 米，四层。底层正方形，每边 14 米，木柱林立，中央 4 根通天柱直达顶层，与周围 32 根木柱共同支撑高耸楼体。第二、三层四面各出一平面为十字形的抱厦，抱厦的歇山屋顶与每层的歇山顶巧妙组合，檐角起翘，斗拱重叠，凸显轮廓线与凌空欲飞的建筑感。飞云楼外观保持了较多唐宋风格，其结构则是清代山西民间技艺。

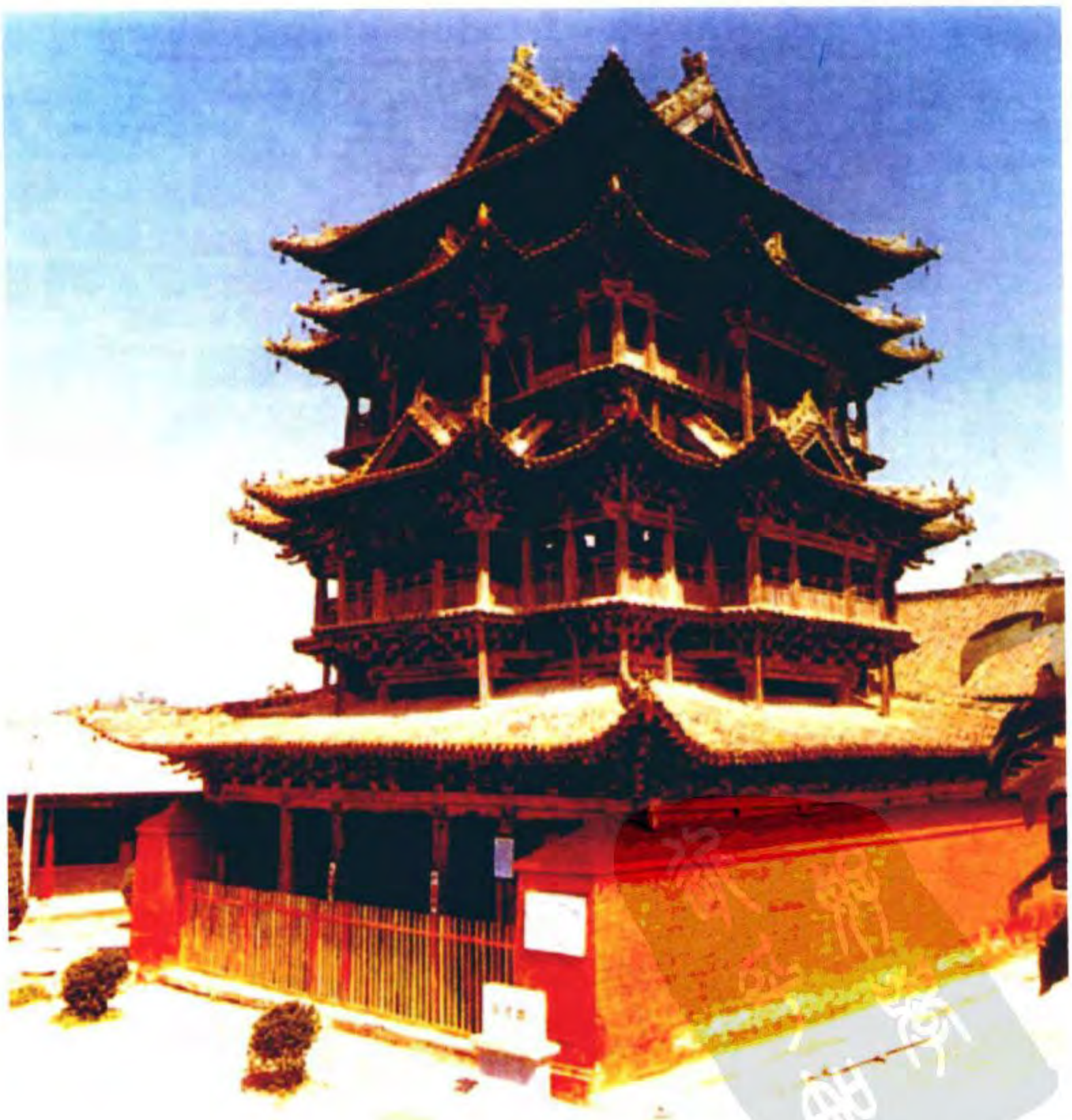


图 8-51　飞云楼

图 8-52　福建客家土楼

福建永定县古竹乡高北村圆形民居“承启楼”，俗名“圆寨”、“土楼”。建于清康熙年间(1662～1722)，总面积 5396.2 平方米。由里外三环屋组成，外径 73 米。外环为 4 层外廊式建筑，总高 12.4 米，屋顶悬挑式斜屋面、盖小青瓦；外墙夯土，底层夯土厚 1.5 米，逐层缩小到 0.9 米；4 道大门，4 座楼梯，每层 72 间房，对称布置，内分隔墙。由外向内，第二环两层建筑，每层 40 间；第三环平房建筑，32 间。环中央设大厅，用于公共活动。全楼 400 间房，楼内有水井两口。类似建筑在福建闽西客家居住地并不鲜见。

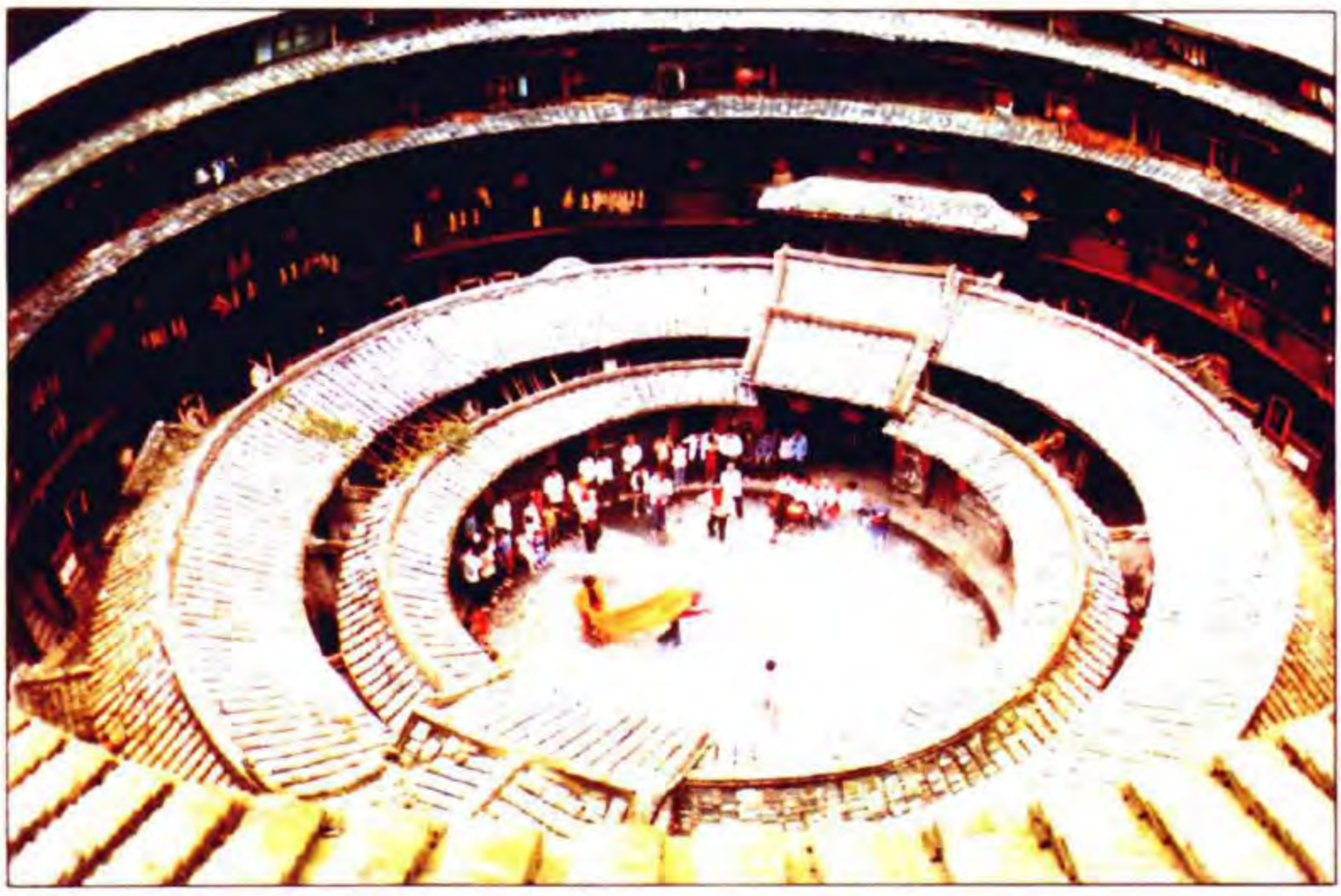
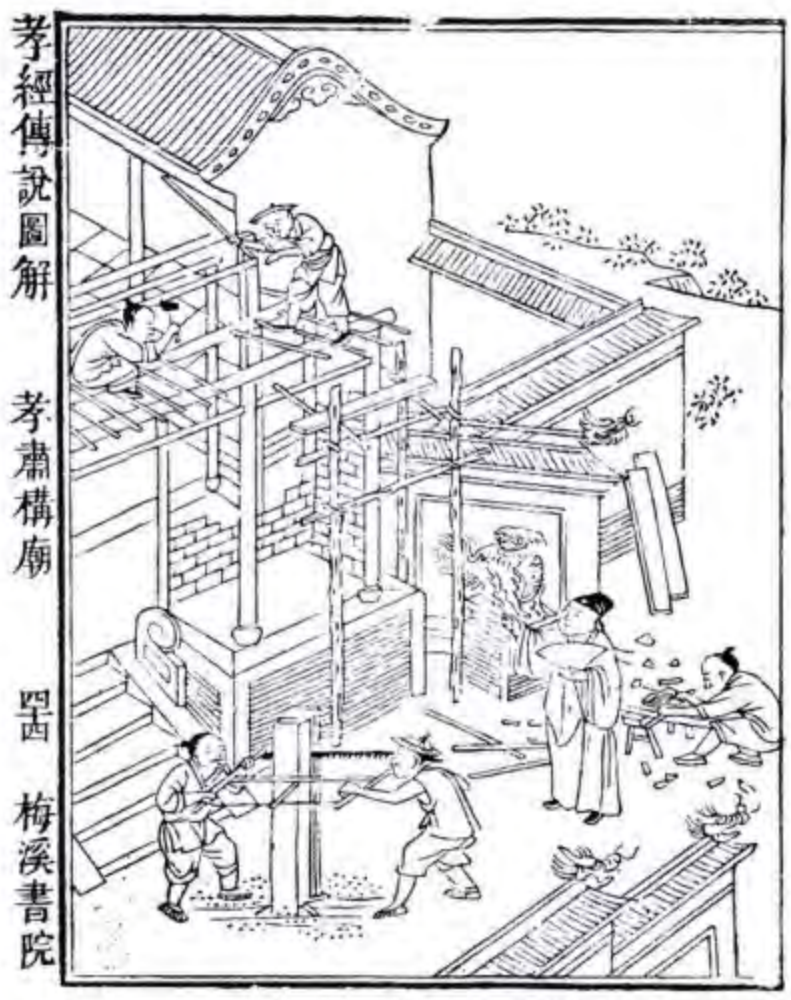


图 8-52　福建客家土楼

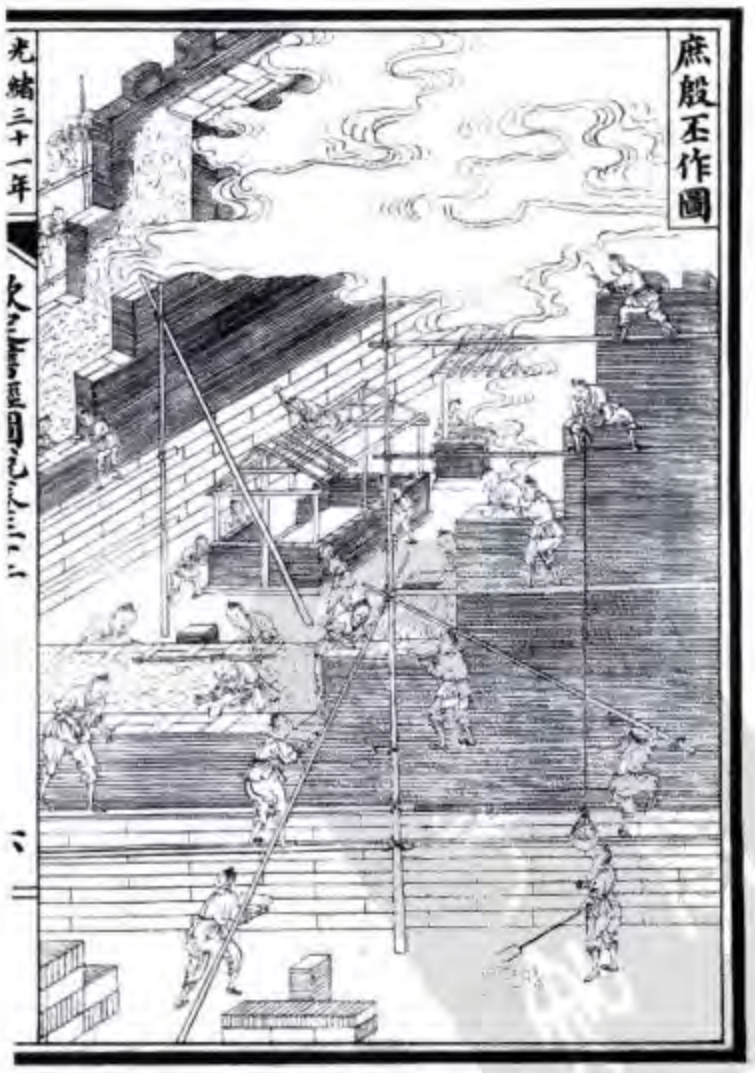
图 8-53　清末有关建筑技术的绘画

清末有些图书插图，描绘了中国传统的建筑技术之情景。如梅溪书院藏版、同治辛未年(1871) 重镌、东瓯师古斋刻本《孝经传说图解》绘“孝肃构庙”图；光绪三十一年 (1905)《钦定书经图说》绘“作邑东国图”和“庶殷丕作图”等。



(a)《孝经传说图解》绘“孝肅构庙”图

(b)《钦定书经图说》绘“作邑东园图”



(c)《钦定书经图说》绘“庶殷丕作图”

图 8-53　清末有关建筑技术的绘画

第九章　桥　　梁

在我国辽阔的土地上，流域面积在1000平方公里以上的水系达1500多条，而在秦岭、淮河以南人烟稠密的地方，水系更是密如结网，纵横交错。交通网络的通达，必须依赖桥梁贯通，因此在神州大地上，各朝各代建成的桥梁不计其数，使中国很早便赢得了“桥的国度”、“桥的王国”之称誉。

桥是人类改造自然创造历史的见证，它体现了人类对自然的征服，又以自身不同的风采向人们展示出特有的文化美和艺术美。中国古代桥梁在历史上所取得的成就，表现在以下几个方面，即型式和用材、技术创新、艺术性、社会性。

就型式和用材而言，在隋唐以前，中国已经形成了梁桥、拱桥、索桥、浮桥这四大桥梁体系。在每一体系中，构型又因地制宜呈多种多样。如梁桥有木梁桥和石梁桥，包括木梁柱桥、木梁石墩桥、木撑架桥、伸臂木梁桥、石梁柱桥、石梁石桥、石伸臂梁桥、三边石梁桥；拱桥有石拱桥、砖拱桥、竹木拱桥，拱券型式有半圆、马蹄、圆弧、蛋圆、弓型、多边形等；索桥有独索、多索，用材有竹、藤、铁；浮桥有船、竹筏、木排等组成的，型式有低浮桥、通航浮桥、开合浮桥等。

就技术创新而言，中国古代在建桥技术上有许多首创，现举三例：一是河北赵县的赵州桥。这座建于隋朝的石拱桥，虽历经漫长岁月的风雨洗礼和多次战乱冲击、地震考验，至今依然安卧在河上。因它开创了敞肩圆弧拱桥先河，给予拱桥发展以巨大的生命力，而被誉为中国桥梁之王、世界桥梁史上的奇迹；二是广东潮州的广济桥。这座始建于宋代的桥梁，以梁桥与浮桥相结合的独特风格，在中国桥梁史上独树一帜，著名桥梁专家茅以升称其为“世界上最早的启闭式桥梁”；三是福建泉州的洛阳桥。在江阔、浪急、水深、潮怒、自然环境恶劣的洛阳江上建桥，工程十分艰巨，设计者和施工者因地制宜，退潮时砌筑墩身，利用蛎房胶固墩缝，用木排浮运石梁，利用潮水涨落以架梁。

就艺术性而言，中国古桥讲究主体造型与周围环境和谐，石栏雕刻与主体造型协调。亦举三例：北京颐和园玉带桥。全桥用白色玉石砌成，蛋形尖拱，桥面呈双向反弯曲线。远眺如秀丽的峰峦，优雅俊秀。近观映入水中的桥身，优美恬静，为园林锦上添花；福建泉州安平桥。如果说石梁桥以平直刚强见长，那么这座用花岗石砌筑，有“天下长桥数此桥”之称的长桥，则以其桥身曲线和周边环境之和谐而动人心弦；北京卢沟桥。其上装饰石栏，坚固雅观，融实用和美观于一体。栏板桥面内侧，刻有立坊、寻杖、瘿项、裙板等。桥上望柱柱头刻有仰复的莲座，座下刻有荷叶墩，柱顶雕有高踞的石狮。整个雕塑形态精巧、生动有趣，堪称我国桥梁雕塑艺术的杰作。

就社会性而言，桥与人们生活息息相关，是公共建筑，是为满足交通需要而建造的。上至达官贵人，下至贩夫俗子，都懂得造桥是便民的好事。因此在历史上，很多地方官和老百姓不但重视建桥，而且积极踊跃参与。建桥是需要经费的。全国重要的道桥，由中央负责，而后保养和维护则是地方官的责任。民间道路的桥梁，则由乡里士绅或僧徒募集，老百姓是有钱出钱，有力出力。各朝各代，还出现过个人出于善心，独自出资出力修桥的事情。

本章所收 50 幅图，基本囊括了现知中国古桥中最重要、最具代表性的桥梁。其中，梁桥 10 幅，石拱桥 31 幅，木拱桥 4 幅，索桥 3 幅，其他类型桥 2 幅。

图 9-1　甘肃兰州握桥

位于兰州西门外。相传始建于唐代，为“河历”旧制。历史上屡坏屡修，最后一次修建是在清代。1952 年因城市建设被拆除。原桥为单向伸臂式木梁结构桥，长 39 米，宽 4.6 米，高约 6 米，净跨为 22.5 米，桥面上建有桥屋。挑梁挑出的长度有 2 米多，与建桥木材承受的压力相适应。桥台上修桥门屋压在挑梁的岸端部以平衡跨中的静活载荷。

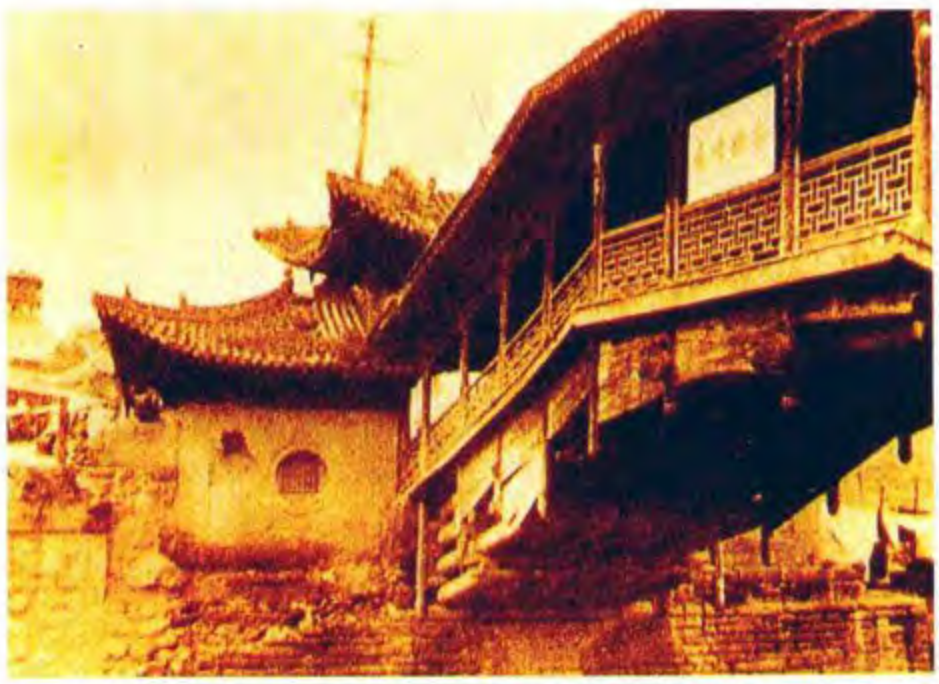


图 9-1　甘肃兰州握桥

图 9-2　浙江武义熟溪桥

伸臂式木梁结构桥，始建于宋代，明代扩建成现在的规模。全桥九孔八墩，架木为梁。全长约 160 米，桥面上建有桥屋 49 楹。最大桥孔净空约 12 米，墩上三重伸臂，伸出墩边约 2 米。此桥在清代被大火焚毁过半。1947 年仿原式重修。1963 年依旧制修复。

图 9-2　浙江武义熟溪桥

图 9-3 湖南醴陵渌江桥

平衡伸臂式木梁结构桥，始建于宋代，其时为六墩五孔。清代雍正三年（1725）重修，改为八孔七墩。桥全长约 200 米，宽约 5 米。墩之间距，根据水流、流向和流速不同而造成不等跨，阔者约 30 米，次者亦近 20 米，墩高约 10 米。原桥面上还建有桥屋百间，近代不仅桥屋全无，木梁亦被拆除，改成了公路桥。

图 9-3 湖南醴陵渌江桥

图 9-4 甘肃文县阴平桥

始修年代不详，不过早在晋代常璩《华阳国志》中就有“古有阴平桥”的记述。清代的阴平桥，是一座桥面上建有桥屋的斜撑伸臂式木梁结构桥。其风貌，据康熙年间《重修阴平桥碑记》说：该桥“服灵龟以作砥，螭龙以出梁……径过百十余步。车马骈驰，行旅交错。画栋成梁，复道蔽空。依稀咸阳联厦，仿佛西风飞阁。”

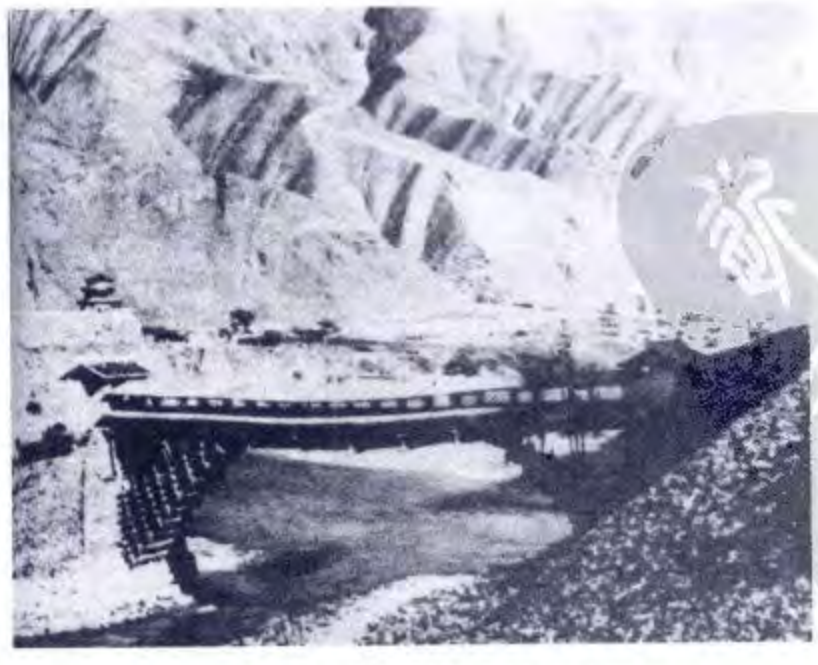


图 9-4 甘肃文县阴平桥

图 9-5　广西三江程阳桥

位于广西三江侗族自治县城北的程阳村，为多跨双伸臂结构木梁桥。始建年代不详，1916 年重修。桥有五墩，长约 60 米。桥上有廊阁 65 间，楼亭五座。中间楼亭为四层六角重檐亭，两边两座为四层四角重檐亭，最外边两座为四层殿亭。该桥的突出特点是采用侗乡盛产的杉木架设而成，桥上屋宇不用一根铁钉或一个铁部件，全用木榫卯接。

图 9-5　广西三江程阳桥

图 9-6　浙江鄞县百梁桥

木梁石墩桥。据《鄞县志》载：始建于宋代元丰元年（1078）。其时桥“长二十八丈，阔二丈四尺，为屋于其上，计二十二楹。七洞，每洞十四梁，中间十六梁。”现桥长约 70 米，宽约 6 米，仍为七孔。桥墩石砖砌成，净跨在 8.2 至 9 米之间。每跨大梁因粗大木材不易得，改用较细者代之，已超过百梁之数，桥屋仍为 22 间。

图 9-6　浙江鄞县百梁桥

图 9-7 福建永春东关桥

木梁石墩桥，位于永春县东平乡。始建于宋代绍兴年间，明代弘治年间桥面上加建桥屋，系 4 墩 5 孔桥。桥全长 85 米，宽约 5 米，平均净跨约 17 米。桥墩砌筑采用“睡木沉基”法，墩下大松木作卧桩，花岗岩石条交错隼合叠压成船形桥墩。这座跨溪而建的大桥，虽经多次修葺，仍保留着宋代桥梁建筑的特点，实为难得。东关桥现为省级文物保护单位。

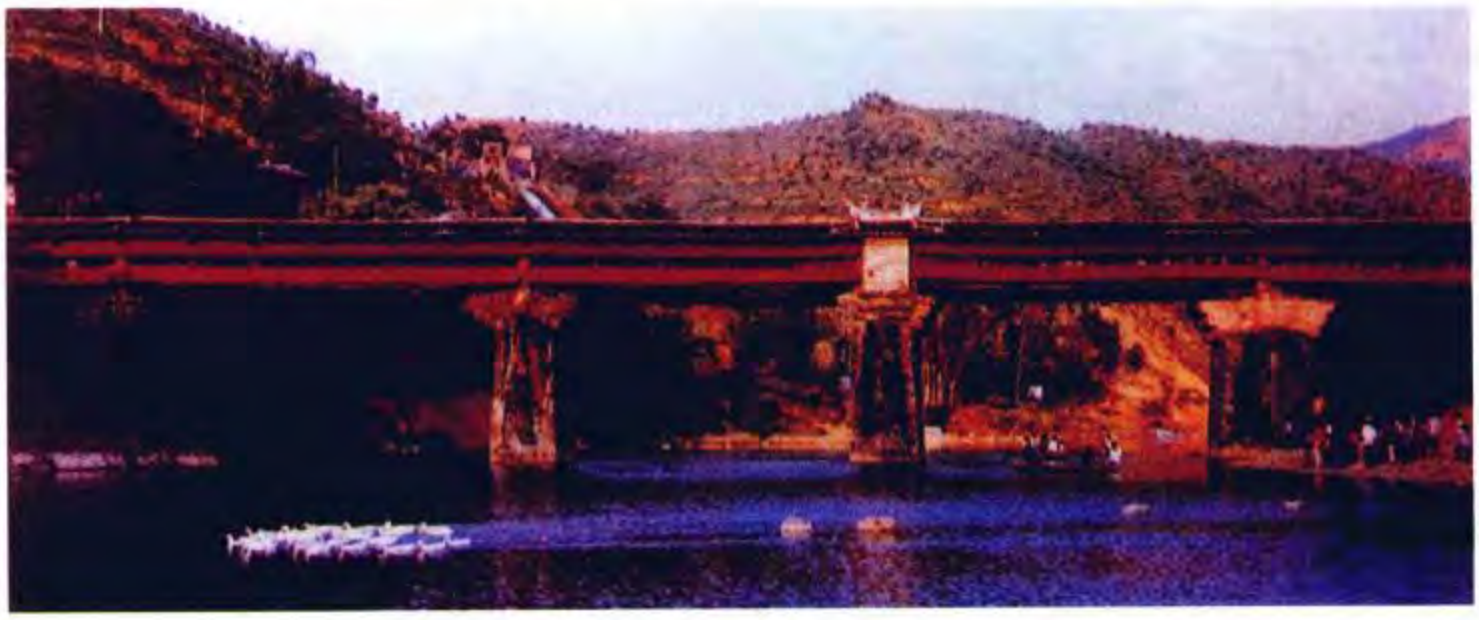


图 9-7 福建永春东关桥

图 9-8 福建安海镇安平桥

石梁石墩桥。位于晋江县安海镇，跨安海湾到南安县水头镇。桥长五里，又称五里桥。始建于宋代，最初长为 801 丈，广 1.6 丈，酾水 362 道。近代安海湾泥沙淤积，现存桥长为 2070 米，宽 3～3.8 米，桥墩 331 座。桥上还存有一座六角五层砖木结构宋塔和五座桥亭。这座中国古桥中最长的石梁墩桥，在 1961 年被确定为国家重点文物保护单位。

图 9-8 福建安海镇安平桥

图 9-9　福建泉州洛阳桥

又名万安桥，大型石梁石墩桥。位于泉州惠安、晋江交界处，跨洛阳江。始建于宋代，现存的洛阳桥建于清代乾隆二十六年（1761 年），为第 14 次重建，桥长 834 米，宽约 5 米。洛阳江入海处江阔、浪急、水深、潮怒，在如此环境中飞虹跨江，为当时桥梁工程创了奇迹。它的桥基是用蛎房来胶固的，这在桥梁史上也是一大创举。

图 9-9　福建泉州洛阳桥

图 9-10　福建莆田宁海桥

位于莆田木兰溪入海处，结构为 15 孔船形墩石梁桥。始建于元代，明清时曾数次重修。现桥系清代雍正年间所修。桥全长 225 米，宽 5.8 米。现为福建省一级重点保护文物单位。

图 9-10　福建莆田宁海桥

图 9-11 福建漳州江东桥今貌

图 9-11 福建漳州江东桥

又称虎渡桥。结构为 19 孔石梁墩桥。建于宋绍熙年间，初为浮桥，后易为板梁，在嘉熙元年（1237）又改易为石梁。桥全长 336 米，宽 5.6 米。19 个孔径大小不一，最大者为 21.3 米。整座桥的梁，由三块 100 吨以上的巨石组成，最大者长 23.9 米，宽 1.7 米，高 1.9 米，重近 200 吨。如此重的石梁，仅靠人工将其横架于桥墩上，在当时，不能不说是一个奇迹。今日的江东桥为 1972 年建成的钢筋混凝土桥，桥西保存两孔旧桥。

图 9-12 浙江衢县神仙桥

实腹三折边拱结构石桥，桥长 8.75 米，宽 1 米，净跨约 5 米。桥上石板主梁长 3.2 米，石撑长 2.7 米和 3 米。梁分 2 块，撑分 3 块，相互错位搭接以增加稳定性，石阶踏步直接铺于撑石之上。此桥存世时间虽仅有 200 余年，但这种实腹三折边拱结构，在汉代即已是一种成熟的墓拱结构，也许是石拱桥中最古老的一种形式。

图 9-12 浙江衢县神仙桥

图 9-13　浙江丽水桃花桥

建于清末，空腹三折边拱结构石桥。桥长 10.7 米，高 1.9 米，桥面宽 1.2 米，净跨 8 米，全部用条石构成。就结构而言，因三折边的上两角上，又撑有 2 块及岸的横板，既稳定了拱的结构，又增加了 2 个支点，所以空腹三折边拱结构非常经济和巧妙。

图 9-13　浙江丽水桃花桥

图 9-14　河北满城方顺桥

实腹圆弧拱桥，拱券砌筑为银面纵联式。始建时间不晚于晋代，金代重修，清代重铺桥面。现桥为三孔不等跨，大小孔分离，一主两从。大孔，即中孔，为圆弧拱，净跨约 13.3 米，矢高约 4.2 米。小孔，即边孔，为半圆拱，净跨约 3.3 米。桥长 37.2 米，宽 7.44 米。大小孔上都有一层略突出于拱券的眉石。

图 9-14　河北满城方顺桥

图 9-15 河南临颍小商桥

图 9-15 河南临颍小商桥

敞肩圆弧拱桥，并列砌筑多道拱券式。建于隋代，后虽经历代维修，现仍大致维持原状。桥为三孔，开小孔上大孔的敞肩拱的先河。长约 21 米，宽 6.5 米。主拱净跨约 12 米，矢高约 3 米；小拱净跨 2.6 米，矢高 0.6 米。大小拱均用 20 道券石并列砌筑。大小券脸都雕有生动的花草、动物和几何图案。小商桥是一座在我国古代早期石拱桥演变中具有独特位置的桥梁。不过它为人熟知则是因宋代抗金名将杨再兴战死于此桥。

图 9-16 河北赵县安济桥

又名赵州桥。隋代工匠李春之杰作，是世界上现存最古老、跨度最大的敞肩圆弧拱桥。桥总长 50.83 米，宽 9 米。主孔净跨 37.02 米，净矢高 7.23 米，矢跨比为 1∶5.12。大拱之上两侧各伏有两个小拱，大小拱均采用并列砌筑。桥上栏板上的龙兽雕工，异常精妙，各种形态的蛟龙，若飞若动。1991 年，赵州桥被美国土木工程学会选为国际历史土木工程里程碑。

图 9-16 河北赵县安济桥

图 9-17　河北永通桥

位于河北赵县城西。始建时间不晚于唐代。桥梁的整体结构与同城的赵州桥基本相同，但规模略小，是赵州桥的具体而微。桥主拱为圆弧形，净跨 23.48 米，净矢高 7.64 米，拱顶宽 6.63 米，全拱以 20 道拱券并列砌筑，拱背相邻的拱石间有腰铁联结。现永通桥亦为国家重点文物保护单位。

图 9-17　河北永通桥

图 9-18　河北济美桥

位于河北赵县宋村。始建时间不详，明代已有之，结构为多孔敞肩拱。桥有 2 个主孔，3 个小孔。主孔净跨各约 8.5 米，净矢高约 2.5 米；中间小孔净跨 1.72 米，矢高 1.01 米；两边小孔净跨分别是 2.25 米和 2.7 米，矢高分别是 1.07 米和 1.04 米。这座桥靠介入小孔，将建筑上难以处理的双孔桥成 5 孔外形，使整座桥显得比例匀称，富有韵律。此桥在“文化大革命”期间被拆除，殊为可惜。

图 9-18　河北济美桥

图 9-19　河北桥楼殿

隋代建筑，位于河北井陉县境内的苍岩山上，福庆寺主体工程之一。桥楼殿以桥为殿基，桥跨两崖，结构为单孔敞肩圆弧拱。主孔净跨 10.07 米，矢高 3.2 米，拱券厚 55 厘米，有 22 道拱券并列组成；小拱为半圆拱，净跨 1.8 米，矢高 0.9 米。桥上建筑为四出廊重檐楼殿，九背黄绿琉璃瓦。仰望桥楼殿，犹如空中楼阁，前人有“千丈虹桥望入微，天光云彩共楼飞”之赞叹。

图 9-19　河北桥楼殿

图 9-20　陕西龙桥

又称崇仁桥，位于陕西三原县。建于明代，结构为三孔厚墩联拱。桥中孔为尖拱，净跨 17.2 米，矢高 10.55 米；两边孔净跨 7.2 米，大小拱券石厚约 85 厘米。桥宽 11.5 米，桥墩宽 5.15 米，上下游均设有长 3.85 米、高 5.04 米的分水尖。这座桥是西北地区的著名古桥，虽处于地震区内，屡次遭遇洪水和地震，但因建造坚固，桥身未受过大的损坏。

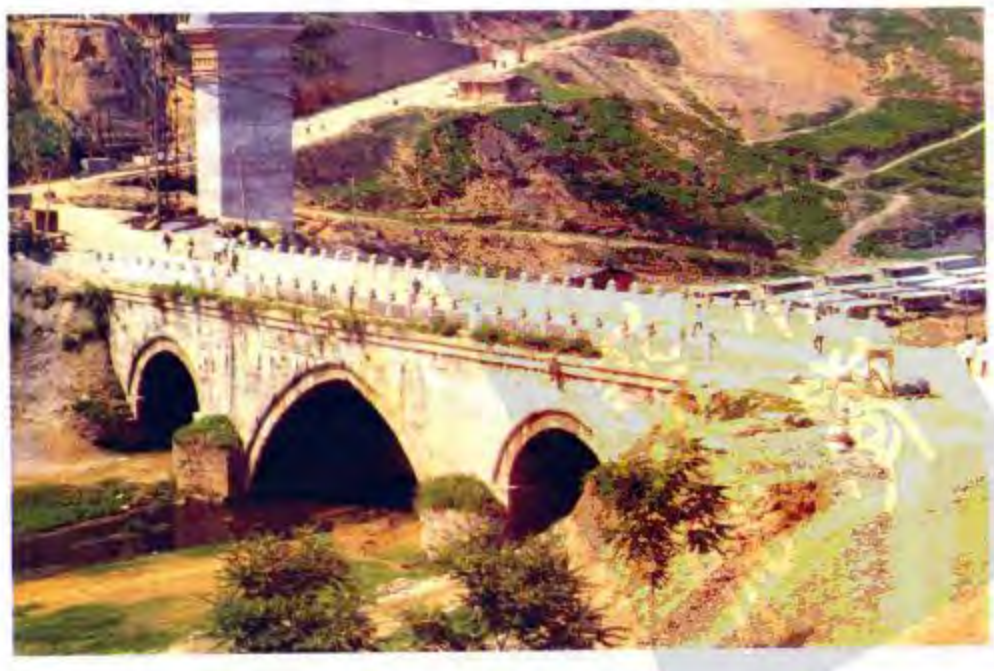


图 9-20　陕西龙桥

图 9-21　苏州枫桥

位于苏州城外寒山寺旁。建于唐代，明、清时，屡有修葺，结构为单孔半圆石拱。现桥全长约 26 米，高 7 米，净跨约 10 米。全桥结构简洁，造型优美，体现出江南石拱桥“薄墩薄拱”的特色。唐代张继脍炙人口的《枫桥夜泊》（“月落乌啼霜满天，江枫渔火对愁眠，姑苏城外寒山寺，夜半钟声到客船。”）使枫桥为人熟知。

图 9-21　苏州枫桥

图 9-22　江西庐山栖贤寺桥

桥所在地名叫栖贤谷，谷有玉渊潭，东下为三峡涧，桥架涧上，故又名三峡桥，观音桥。桥以山石作桥基，单券石造，南高北低，全长 20.17 米，净跨约 10.33 米，桥面宽约 4.94 米。拱石采用四种不同形式的子母榫联结，共有 107 块。桥下中心券石上刻有：“维皇宋大中祥符七年（1014）岁次甲寅二月丁巳朔建桥。”

图 9-22　江西庐山栖贤寺桥

图 9-23 山东泗水卞桥

位于山东泗水县。始建时间不详，金代重修，结构为三孔半圆石拱。现存卞桥长 25 米，净宽 5.2 米，全宽 6.2 米。中孔净跨约 4.5 米，边孔净跨约 3.9 米。拱券为银面纵联砌筑。主拱和边拱的拱脚下均有一莲花托石。桥墩宽 2.8 米，有分水尖。桥南水分两股，映月为双，使其成为兖州一景。

图 9-23 山东泗水卞桥

图 9-24 浙江吴兴双林三桥

三桥系吴兴双林镇河道上的三座三孔石拱桥，西边名万魁桥，建于清代康熙年间，桥长 51 米，乾隆年间改建时增高了 5 尺。中间的名成化桥，建于明代嘉靖年间，清代几度修缮，桥长 46.6 米。东边名万元桥，1840 年落成，桥长 53.5 米。这三座桥虽分别是明清两代不同时期的建筑，但风格非常接近，使其成为河道上的一道亮丽风景。

图 9-24 浙江吴兴双林三桥

图 9-25　广西桂林花桥

位于桂林七星公园正门口。桥始建于宋代，当时为五孔桥。明代改建为四孔水桥、五孔旱桥。1964 年，因水桥某个桥墩下沉被重新翻修。翻修时改双层松木排筏基础为木桩混凝土承台基础，并将桥上清代的木构瓦面廊房，改建为琉璃瓦顶。现桥长 125.23 米，水桥净跨为 12.7～14.57 米，宽 6.4 米；旱桥净跨为 3.36～6.47 米，宽 3.7 米。

图 9-25　广西桂林花桥

图 9-26　上海青浦朱家角放生桥

位于朱家角镇东首漕港河上，结构为五孔半圆驼峰石拱。建于明代，清代重修。桥长 70.8 米，中孔净跨 13 米，边孔分别为 8.5 米和 6.2 米。桥石料均为花岗石，桥墩帽石皆为整块石料。拱券为联锁分节并列，中孔拱石 9 节，边孔拱石分别为 7 节和 5 节。桥墩极薄，仅厚 0.6 米。现为上海市重点文物保护单位。

图 9-26　上海青浦朱家角放生桥

图 9-27　浙江兰溪通州桥

位于浙江兰溪梅江区石埠乡，跨兰江支流梅溪。康熙年间为木桥，乾隆年间改为石桥，嘉庆年间被洪水冲毁，光绪年间重建为五孔厚墩半圆石拱桥。桥全长 84.8 米，桥面宽 4 米，净跨皆为 9 米。桥上有飞檐廊房 21 楹。

图 9-27　浙江兰溪通州桥

图 9-28　浙江余杭广济桥

位于浙江余杭塘栖镇，跨大运河，结构为七孔半圆驼峰石拱。建于明代，清代重修。桥全长 89.71 米，桥中孔净跨 15.8 米，中孔旁边的三个边孔依次为 11.65 米、8.23 米、5.33 米。在大运河上遗存的古石拱桥中，这座桥不仅是最大的，也是仅存孔数最多的南方驼峰薄墩薄拱石桥。现为浙江省重点文物保护单位。

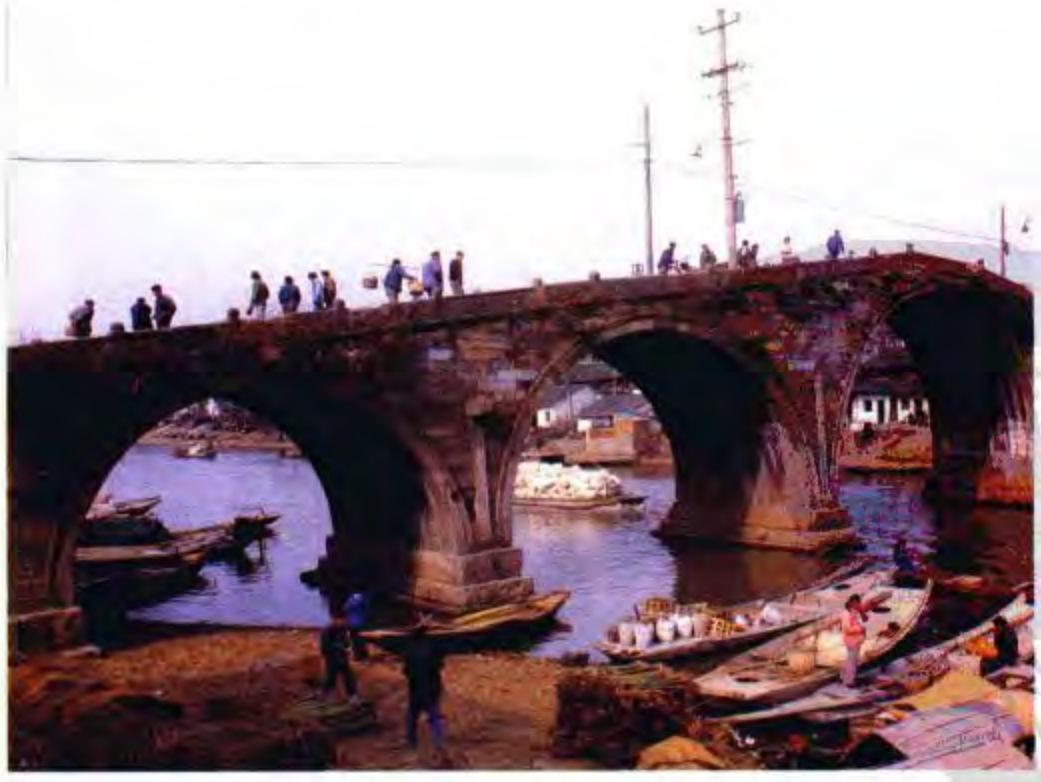


图 9-28　浙江余杭广济桥

图 9-29　云南禄丰星宿桥

位于云南禄丰星宿县城西门外，跨禄衣河，为七孔尖拱石桥。建于明代重修于清代。桥全长 100 余米，宽 9 米，两端边孔净跨为 9.8 米，两端次边孔净跨为 10.1 米，中间三孔净跨皆为 10.3 米。全桥用红砂岩石砌成，桥面中间与两端高差约 0.6 米，桥两端还各有一座斗拱木牌楼和石碑坊以及一石狮。在滇缅公路修通以前，去滇西必经此桥。

图 9-29　云南禄丰星宿桥

图 9-30　安徽休宁登封桥

位于安徽休宁县，跨横江，结构为九孔半圆石拱。建于明代，清代两次毁于洪水，两次重建。桥全长 147 米，宽 7.2 米，高 13 米。桥净跨皆 14 米，桥墩厚实，前尖后方。

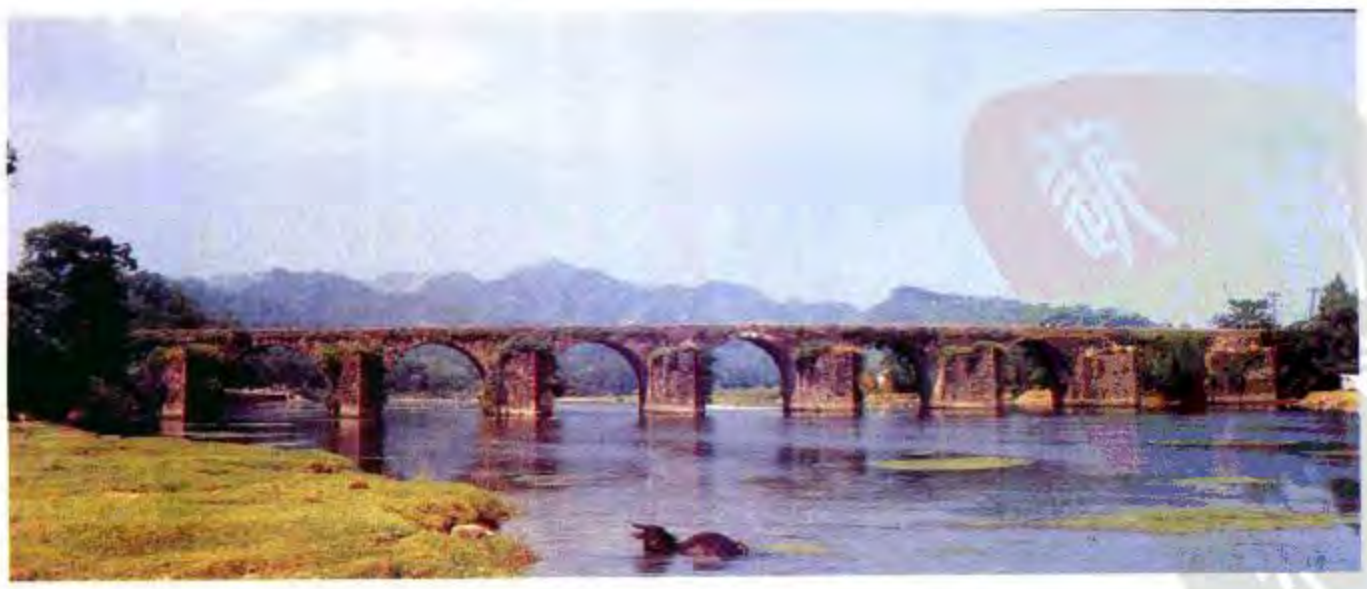


图 9-30　安徽休宁登封桥

图 9-31　陕西华县桥上桥

位于陕西华县赤水镇西，跨赤水河。原桥，即下桥，建于清康熙年间，为七孔半圆拱，桥墩则为带分水尖的厚墩。在清道光年间，因河床淤高，在原桥上又建一九孔桥。全桥用花岗石条砌筑，长 70 米，宽 5 米。在古桥中，这座桥虽不是现存唯一的一座桥上桥，但其他桥，或根本看不到下桥，或上下桥型不一致。独有此桥，犹如一次建成一般。现为陕西省重点文物保护单位。

图 9-31　陕西华县桥上桥

图 9-32　苏州宝带桥

位于今苏州东南运河、澹台湖之间的玳玳河上，为 53 孔联拱半圆形石拱桥。始建于唐代，历代都予修葺。现桥系清代同治年间重建，全长约 317 米，其第 14～16 孔，孔径分别为 6.50 米、7.45 米、6.50 米，其他诸孔平均跨径为 4.6 米。为避免一个桥墩崩塌，其他桥墩顺次崩塌的多米诺效应，第 27 个桥墩被建成厚墩。18 世纪时，这座桥被欧洲人誉为不可思议的建筑物。现为国家重点文物保护单位。

图 9-32　苏州宝带桥

图 9-33　江苏吴江垂虹桥

位于吴江东面，跨太湖支流塘河。宋代时为木桥，元代时改为石桥。元代泰定二年（1325）石桥落成时，为 62 孔。元代至正十二年（1352）重修时，易为 85 孔。在 20 世纪 50 年代，此桥仍在，其时桥长约 500 米，有 72 孔，桥面为砖砌，中部有亭屋。为通舟楫，整座桥三起三伏。这座气势宏伟的南方最长薄墩薄拱桥，现今只孑遗 4 孔，令人扼腕。

图 9-33　江苏吴江垂虹桥

图 9-34　北京颐和园十七孔桥

又名东长堤桥。建于清代乾隆年间，桥长约 150 米，桥下宽 14.6 米，桥上宽 6.6 米。拱净跨 4.2 米至 8.5 米。在 17 个桥孔中，第 9 孔最大，两端逐渐小下来，对称排列。由于桥孔大小不一，所以桥面有一定的坡度，好似一张弓。桥栏杆上，雕刻有形态各异的石狮。十七孔桥以古朴、优美的造型在颐和园众多的景致中享有盛名。

图 9-34　北京颐和园十七孔桥

图 9-35　北京颐和园玉带桥

系单孔蛋圆拱桥。建于清代乾隆年间，桥全长 27.7 米，桥头宽 13.5 米，桥顶宽 2 米，桥高 10 米。桥净跨 11.8 米，矢高 7.5 米。桥栏由汉白玉雕成，其他部分则是青石砌成。名

为玉带，据说是因其在水面的倒影，很像水面上托起的一轮明月，又似一条被微风吹起、漂浮在水面上的锦带。美国纽约的岳门桥，据设计者称即模仿此桥形式而建成。

图 9-35　北京颐和园玉带桥

图 9-36　苏州吴门桥

位于苏州盘门口。始建于北宋，清代重修成单孔石拱桥。桥身全长 66.3 米，中宽 4.8 米，拱券净跨 16 米，自水盘石面至桥栏顶通高 11 米。南北坡各有步阶 50 级，全以整块条石铺设。吴门桥是苏州目前最高的单孔古石桥，外形有点儿像北京颐和园的玉带桥。高高隆起的桥身，有如雨后彩虹凌于河上，是苏州盘门三景之一。

图 9-36　苏州吴门桥

图 9-37　云南建水双龙桥

位于建水城西泸江与塌河会合处。始建于乾隆年间，其时桥为三孔尖拱，长 36.7 米，宽 4.3 米，桥面为双向坡道。道光年间，三孔桥一侧坡道被填高，与新建的一长 111.1 米、宽 3 米的 14 孔新桥连接，成为一长 147.8 米的 17 孔尖拱桥。连接后的桥中部建有一个三层飞檐高阁，与原桥两端的双层下方上六角亭成朝揖之势。

图 9-37　云南建水双龙桥

图 9-38　贵州镇远祝圣桥

又名状元桥，位于镇远县城东，跨沅水，结构为六孔蛋圆形石拱。始建于明代，现桥建于清代雍正年间，长 123.5 米，桥面中墩上有一座三层八角攒尖桥亭。在古桥中六孔石拱极为少见。

图 9-38　贵州镇远祝圣桥

图 9-39 扬州瘦西湖五亭桥

建于清乾隆年间，因桥上筑有五座亭子，一亭居中，另四亭居于四翼，形似莲花，故又名莲花桥。全桥花岗岩构筑，长十余丈，高二、三丈，下有 15 个券洞。中心券洞最大，四隅下的券洞较小。桥平面为“工”字形，两端修有石阶，桥上五个亭子以走廊相连。五亭桥造型典雅，黄瓦朱柱配以白色柱轩。月圆之夜，每洞各衔一月，争相辉映。

图 9-39 扬州瘦西湖五亭桥

图 9-40 北京卢沟桥

位于北京西南郊的永定河上，建于金代，初名广利桥，后改称卢沟桥。清康熙年间重修。桥全长 266.5 米，宽 9.30 米。桥身全部为花岗石砌成，下分 11 个券孔，中间的券孔最大，净跨 21.35 米，两边的券孔较小。桥墩平面呈船形，迎水的有分水尖。为保护桥墩，抵御洪水和冰块对桥身的撞击，每个尖端安装着一根边长约 26 厘米的锐角朝外的三角铁柱。在桥墩、拱券等关键部位以及石与石之间，都用银锭锁连接，以互相拉联固牢。桥面两侧有 281 根望柱，柱头刻着莲花座，座下为荷叶墩。望柱中间嵌有 279 块栏板，栏板内侧与桥面外侧均雕有宝瓶、云纹等图案。每个望柱上都有一大石狮，在大石狮上又雕刻有许多数目不

图 9-40 北京卢沟桥

同、形态不同的小石狮。大小石狮的数量，据《从海记》说："桥柱刻狮凡六百二十有七。"在桥的两端各有高约 4.65 米的华表 4 根。无论是近看或远望，其高度与体量同桥的比例很协调，既壮观又优美。桥畔两头还各筑有一座正方形的汉白玉碑亭，每根亭柱上都雕刻有盘龙纹饰。两座碑一是清康熙帝重修卢沟桥碑；另一是清乾隆帝御书"卢沟晓月"碑。卢沟桥工程浩大，建筑宏伟，结构精良，工艺高超，为我国古桥中的佼佼者。

图 9-41　福建归泗桥

位于福建柘荣县富溪乡。始建于宋代，清康熙年间重修，系单孔木拱梁桥。桥全长 24 米，宽约 4.8 米，高 7.3 米，净跨约 15 米，桥上建有木亭，10 扇 40 柱。这座跨溪而建的木拱桥，是福建现存最古老的木桥之一。

图 9-41　福建归泗桥

图 9-42　福建横溪桥

位于福建寿宁县。始建于明代天顺年间，明代隆庆年间、清代乾隆年间两次重修，系单孔木拱廊屋桥。桥全长 25 米，宽 5.4 米，孔净跨接近 23 米。歇山顶廊屋，高 4.35 米，中部有四角重檐。

图 9-43　福建屏南千乘桥

系一座中间有石墩的双孔贯木拱桥。位于屏南棠口镇，跨霍童溪汇流处。名为千乘，意为可同时过千辆车辇。《屏南县志》载：千乘桥上有长廊，长约 69 米，阔约 5.9 米。自宋以来，已重修过三次。其架设方法是"临渊累石，下同鼎峙；千秋架工，凌空上拟。"千乘桥以双拱跨溪，靠拱脊的变化加强了中墩的情趣，在建筑艺术处理上颇具匠心。

图 9-44　福建屏南万安桥

福建现存最长的廊屋桥，系一座六孔五墩的贯木拱桥。始建于宋代，清代乾隆、道光年间重修。桥全长 96.6 米，宽 4.7 米，每孔净跨接近 15 米。廊屋木结构，共 37 间，单檐歇山顶。

图 9-42　福建横溪桥

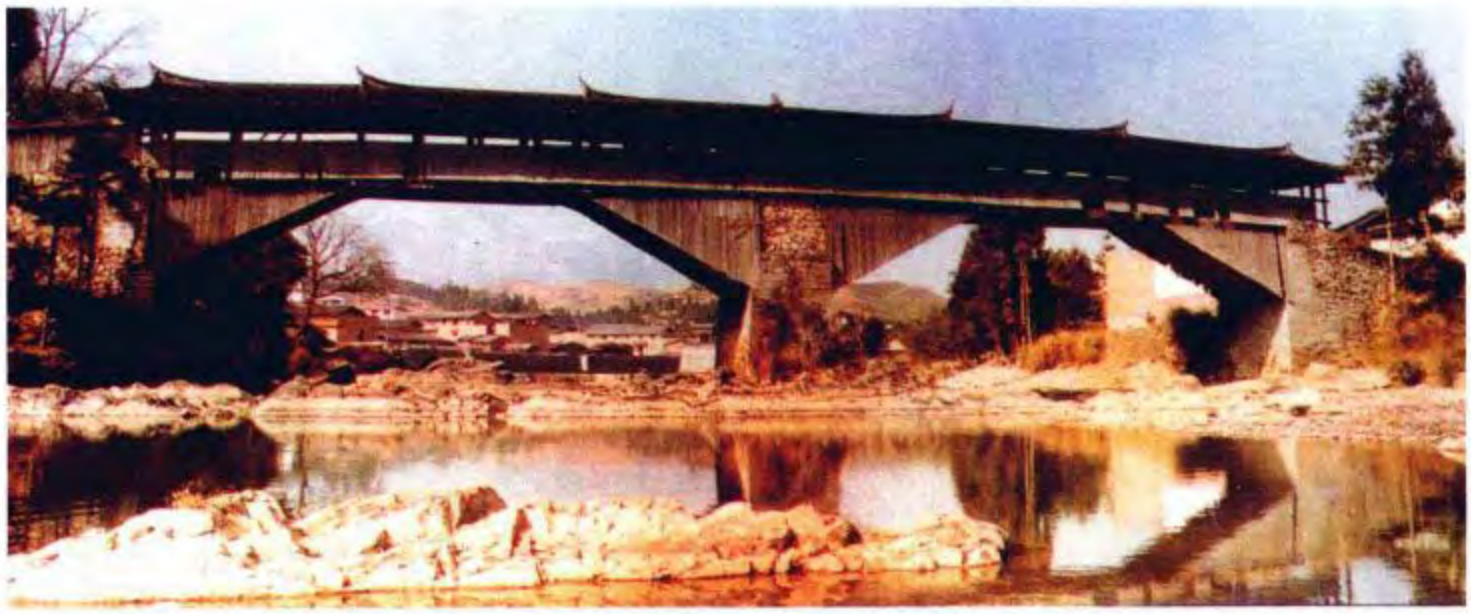


图 9-43　福建屏南千乘桥

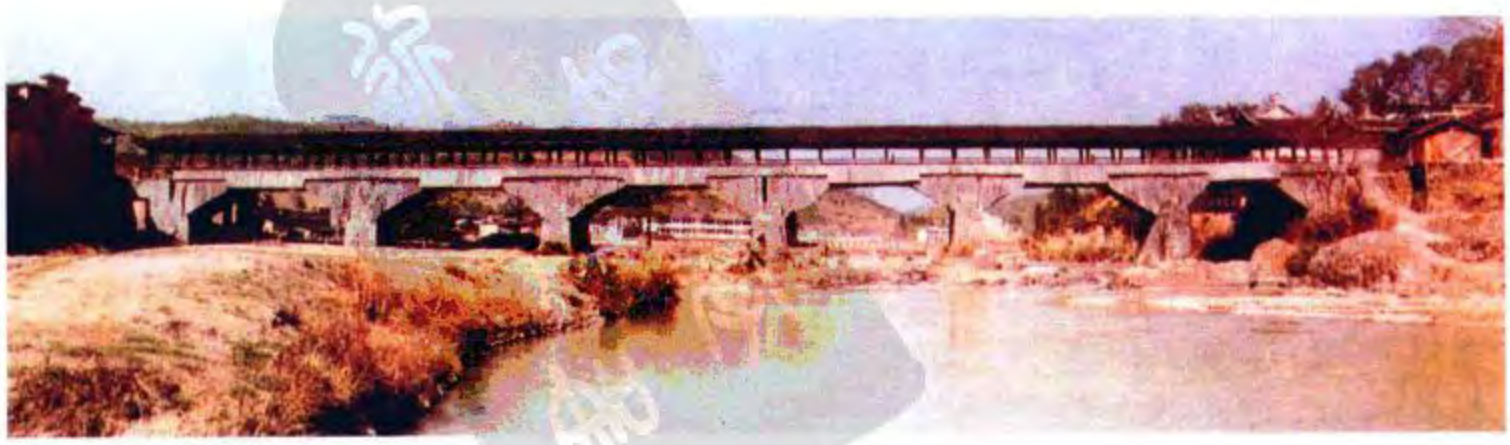


图 9-44　福建屏南万安桥

图 9-45　《清明上河图》中之虹桥

在宋代张择端的《清明上河图》中所绘横跨汴水两岸的所有桥梁里，最突出、最优美的便是这座虹桥。据研究，它是用梁木穿插别压而成的拱桥，因形似彩虹，故名虹桥。虹桥的技术含量很高，是中国在世界范围内享有盛誉的著名古桥之一。此画高 22.5 厘米，横长 525 厘米，现存故宫博物院。

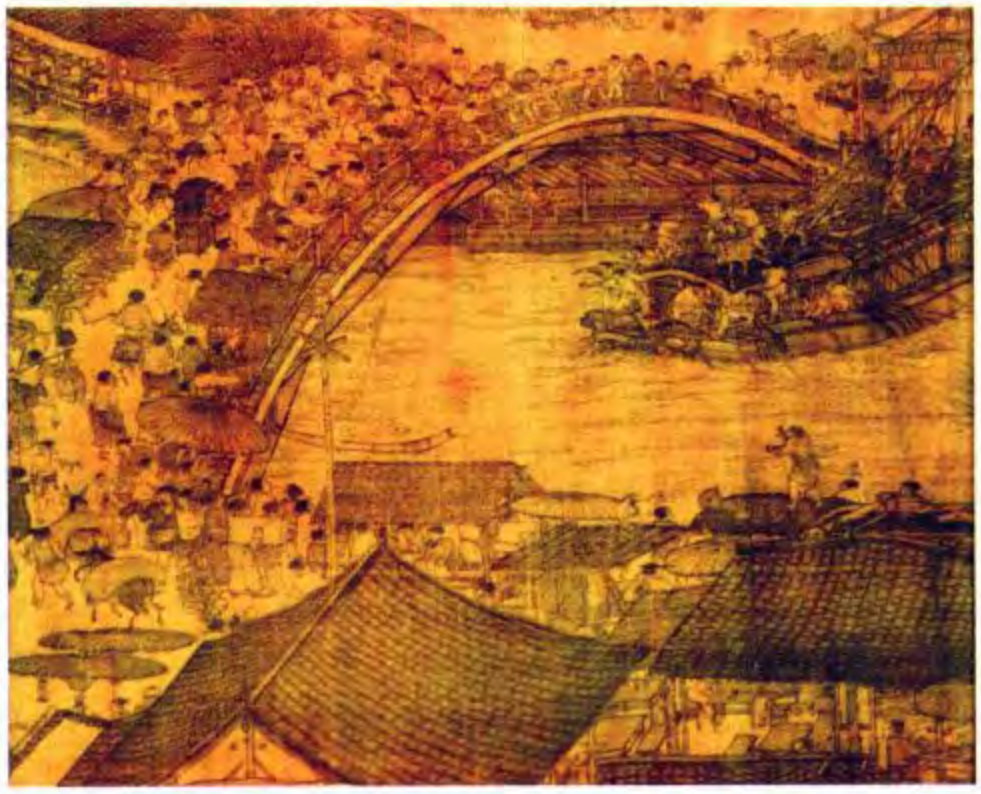


图 9-45　《清明上河图》中之虹桥（局部）

图 9-46　四川泸定桥

位于四川甘孜藏族自治州泸定县城西，横跨大渡河，为铁索悬桥。建于清康熙年间，由条石砌成的东西桥台和 13 根横亘的铁索组成，其中 9 根作底索，上铺桥板，其余 4 根均分两边作扶手。铁索链固定在两岸桥台落井里。桥水平净跨 100 米，铁链跨长 101 米，桥宽 3 米，全桥铁件重 40 余吨。中国工农红军长征中飞夺泸定桥之战，使该桥闻名中外。

图 9-46　四川泸定桥

图 9-47 云南霁虹桥

位于云南省永昌县，为并列多索铁链桥。始建于明代，屡次重修。据 1979 年桥史调查：桥总长 56.1 米，净跨 57.3 米，桥面宽约 4.1 米。底索铁链 16 根，铁链扣环径 2.5～2.8 厘米，长 30～40 厘米，宽 8～12 厘米。栏杆索铁链 2 根，桥面铺木板。这是座尚存年代最早的铁索桥。

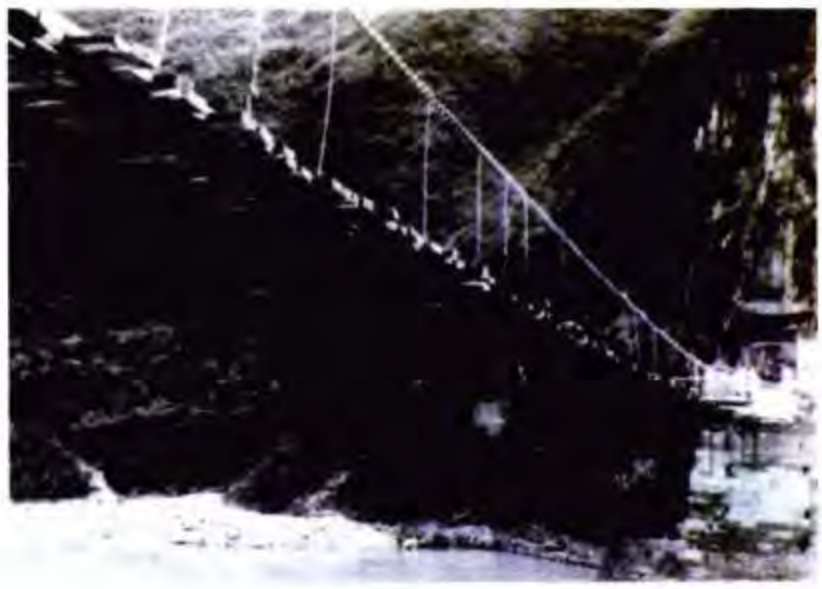


图 9-47 云南霁虹桥

图 9-48 西藏墨脱藤网桥

位于西藏墨脱县，跨雅鲁藏布江。桥长约 130 米，藤索扎系于桥两端入口处的方形木框上。藤索间用细藤编织成网，另用约 20 个藤圈等间距分别扎系于诸藤索上，使整座桥呈圆筒形。桥两端方形木框是靠撑木和拉藤固定的，既简单又合理。相传这座桥已有 300 多年历史，具体沿革不详。

图 9-48 西藏墨脱藤网桥

图 9-49　潮州广济桥

俗称湘子桥，位于广东潮州市东门外，跨韩江，是我国最早的一座石墩、石梁和浮桥组合的桥梁，与河北赵州桥、广西程阳桥、泉州洛阳桥齐名。初建于南宋，明代宣德年间重修。其时全桥分为三段，东西段总长 410 米，共有桥墩 23 座，桥洞 21 孔；中段是用 24 只木船搭成的浮桥。1958 年将中段浮桥改为梁式桥后，湘子桥变成一座公路桥。1989 年湘子桥被列为国家重点文物保护单位，拟予以复原。

图 9-49　潮州广济桥

图 9-50　太原晋祠鱼沼飞梁

系晋祠圣母殿前矩形鱼沼上的一座十字形桥梁，结构是石柱木梁。桥的东西方向为正桥，平坡，长 18 米，桥面宽 6 米；南北方向为翼桥，斜坡。两个翼桥的桥身从正桥桥面两侧至池岸，均长 6 米，宽 4 米。飞梁对称布局，风格独特，为寺观园林中所仅见。郦道元《水经注》中已有鱼沼飞梁的记载，现存桥梁虽被认为是北宋建筑，但也可能是更早遗制。

图 9-50　太原晋祠鱼沼飞梁

第十章　纺　　织

中国是世界上最早的文明发达国家之一，有着悠久的历史和极为丰富的民族文化遗产。中国古代的纺织生产和技术更是在多个方面都具有十分鲜明的特点。其特点如下。

（1）原料多样化。纺织原料是纺织生产的第一要素，生产工艺和设备都是依据原料而设计。古代世界各国用于纺织的纤维均为天然纤维，一般是毛、麻、棉三种短纤维或只是其中的一种。而我国古代用于纺织的纤维，除了这三种之外，还大量利用长纤维蚕丝。丝纤维的广泛利用，极大地促进了纺织工艺和纺织机械的进步。高度发达的丝织生产技术是中国古代最具特色和代表性的纺织技术。

（2）纺织机具多样化。在纤维加工、纺纱、织造、染整等各道工序中都有可资利用的专用工具和机具，而且这些机具各具特色。以大纺车和花楼提花机为例：大纺车是并捻合线的机械，不仅锭子数多达几十枚，还可以靠水力驱动，其出现时间比西方应用水力机械纺织早了四个多世纪；花楼提花机是织造复杂花纹织物的机械，其上的经线运动是靠事先编好的花本控制，而花本按现代术语来讲就是程序储存器。

（3）染色原料和方法多样化。中国古代用于着色的材料虽然分为矿物颜料和植物染料两类，但染色工艺的特点是以植物染为主。我们的先民很早就掌握了多种植物染料的性质，并发明了多种染色技术和称为缬的防染印花技术。染料品种和工艺方法的多样性使得到的色谱十分丰富，古籍中见于记载的便有几百种，如此多的色彩，特别是在一种色调中明确分出几十种近似色，要靠熟练地掌握各种染料的组合、配方及改变工艺条件方能达到。

（4）织物组织和显花方法多样化。由于所用纺织纤维的多样化，特别是长纤维蚕丝的广泛利用，导致了许多织物组织和显花方法的出现。中国古代纺织业，尤其是丝织业，很早就普遍运用了平纹、斜纹、经二重、纬二重、提花等组织。唐代以来，随着缎纹组织的出现，三元组织的真正完备，运用三元组织或基于三元组织的变化组织、联合组织技术的娴熟，织物组织更呈多元化。在多元化织物组织基础上，通过采用挖花、挑花、经显花、纬显花、结织、织金、起绒等显花方法，使织品不仅具有实用性，还兼具了艺术性，并促进了新品种的出现。

（5）生产方式多样化 。中国古代纺织生产主要有官营、民营、官雇民作三种形式。官营纺织生产机构历代均有设置，规模随朝代更换而有消长。历代官营纺织作坊均设置在纺织发达地区，其所雇佣的工匠也是在全国范围内抽调，生产时不惜工本，精益求精，故其技术水平在全国是最高的，总能创新出一些精美的新产品。民营纺织生产既有一户一台机的家庭副业生产，也有由高官富商兴办，规模庞大，具备数百台织机、数百工人的专业作坊。官雇民作生产是专业机户根据官方指令进行，官方负责配给原料，决定纹样和品种，工匠使用自己的工具独自分散工作，产品由官府统一收购。

（6）规格质量统一化。对纺织品的规格和质量，历代朝廷均很重视，并制定有统一标准。自两周迄清，历代规定的幅宽都在 2 尺左右，匹长都在 40 尺左右。古代之所以这样规定，并不是受工艺技术制约，而是如此规格的一匹布帛，恰好能缝制一件衣服。为防止生产

者将布帛织稀或织薄作伪，历代朝廷还为各类纺织品制定了相应的匹重规定。

生产和技术的鲜明特点，造就了中国古代纺织品的丰富多彩。本章收录的，仅是众多出土文物和传世品中的凤毛麟角，但蕴含和彰显出的光彩，使我们不难窥出中国古代纺织技术所取得的令人惊叹的璀璨成就。

图 10-1　商雷纹条花绮印痕玉戈

传河南安阳出土，故宫博物院藏。戈长 22.2 厘米，宽 4.7 厘米，把宽 3.8 厘米，正面柄部留有清晰的雷纹花绮痕迹。花绮采用平纹地、斜纹显花的组织形式。显花丝线无捻，松散处的丝直径约 0.7 毫米。经纬密度每厘米约 16～20 根。纹样组成横向 S 形，旁边间隔三条平行细线，使织品呈现明朗大方的风格。

图 10-1　商雷纹条花绮印痕玉戈

图 10-2　河北藁城商代麻布残片

1973 年河北藁城台西村商代遗址出土，河北省博物馆藏。在藁城遗址中发现的大麻残片有 2 块，皆为平纹织品。其中一块经密为每厘米 14～16 根，纬密为每厘米 9～10 根；另一块经密为每厘米 18～20 根，纬密为每厘米 6～8 根，相当于 10 升布。

图 10-2　河北藁城商代麻布残片

图 10-3　西周辫子股刺绣印痕

1974 年陕西宝鸡茹家庄弭伯墓出土，宝鸡市博物馆藏。这是弭伯墓妾倪墓室的第三层淤泥上残留的刺绣印痕。从印痕可见，绣料是染过色的丝绸，纹样的轮廓线条，则是用黄色丝线绣出，而大块颜色部位，则是用掺有黏合剂的矿物颜料涂绘。颜料色有红、黄、褐、棕四种，其中红色为天然朱砂、黄色为石黄。

图 10-3　西周辫子股刺绣印痕

图 10-4　西周方格彩罽

图 10-4　西周方格彩罽

1978 年新疆哈密五堡墓地出土，新疆维吾尔自治区社会科学院考古研究所藏。古称细密毛织物为罽。此为彩罽袍的一块残片，其地色为深褐色，以红、蓝、白三色毛线织成方格纹。组织为三枚右向斜纹，经密为每厘米 21 根，纬密为每厘米 16 根．经纬毛纱均为右捻。

图 10-5　战国飞凤纹绣浅黄绢衾

1982 年湖北江陵马山 1 号楚墓出土，湖北省荆州地区博物馆藏。该衾长方形，上端中部剪成凹口，留有毛边。衾面用浅黄色绢，经密为每厘米 116 根，纬密为每厘米 64 根。衾里用灰白色绢，经密为每厘米 104 根，纬密为每厘米 60 根。绣纹为飞凤纹，绣面的各幅花纹错位排列，左外侧一幅花纹倒置。针法为锁绣。

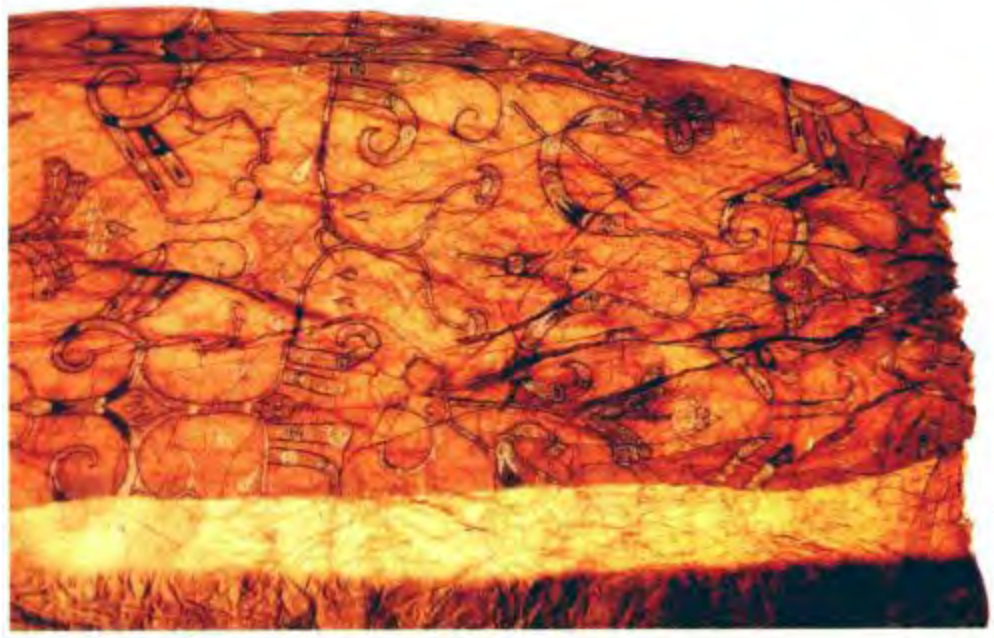


图 10-5　战国飞凤纹绣浅黄绢衾

图 10-6　战国蟠龙飞凤纹绣浅黄绢衾

1982 年湖北江陵马山 1 号楚墓出土，湖北省荆州地区博物馆藏。该衾接近正方形，上端中部有凹口，包有彩条纹琦的被织。衾面用浅黄色绢，经密为每厘米 108 根，纬密为每厘米 44 根。衾里用灰白色绢，经密为每厘米 52 根，纬密为每厘米 42 根。正中绣纹为蟠龙飞凤纹，左右两侧绣纹为舞凤逐龙纹。针法为锁绣。

图 10-6　战国蟠龙飞凤纹绣浅黄绢衾

图 10-7　战国龙凤虎纹绣罗

1982 年湖北江陵马山 1 号楚墓出土，湖北省荆州地区博物馆藏。该纹绣的绣地是灰白色素罗，经密为每厘米 40 根，纬密为每厘米 42 根。绣纹图案组成是：双翅张开脚踏小龙的凤鸟；张牙舞爪扑逐大龙的猛虎；摆动身体与猛虎对峙的大龙。绣线有红棕、棕、黄绿、土黄、橘红、黑、灰色。针法为锁绣。

图 10-7　战国龙凤虎纹绣罗

图 10-8　西汉绒圈锦

1972 年湖南马王堆 1 号墓出土，湖南省博物馆藏。该品以多色经丝和单色纬丝交织而成，用色艳丽，花地明朗协调。组织为三枚经线提花并起绒圈的经四重组织。纹样单元图案则是以小矩形几何图案迭套或单独排列。矩纹图案部位，呈现有立体感的环状绒圈。绒圈锦是后世起绒类织物的前身，出土实物目前仅见于马王堆汉墓。

图 10-8　西汉绒圈锦

图 10-9　西汉黄地印花敷彩纱

图 10-9　西汉黄地印花敷彩纱

1972 年湖南马王堆 1 号墓出土，湖南省博物馆藏。该织品的印花纹样骨架为变形的藤本植物。纹样单元高约 4 厘米，宽约 2.2 厘米，外廓呈菱形。印花图案由四个单元图案上下左右连接，构成印花纹版的菱形网格。其所用着色剂：朱红色为朱砂，黑色为炭素，银灰色为硫化铅，粉白色为绢云母。这件印花敷彩纱不仅着色工艺高超，在审美效果上亦达到很高的境界。

图 10-10　西汉素纱禅衣

1972 年湖南马王堆 1 号墓出土，湖南省博物馆藏。该衣长 128 厘米，通袖长 190 厘米，袖口宽 27 厘米，腰宽 48 厘米，下摆宽 49 厘米，领缘宽 7 厘米，袖缘宽 5 厘米。此禅衣为交领、右衽、直裾式。所用纤维为精缫长丝，禅衣重量仅 49 克，薄如蝉翼。织作之精细，令人惊叹，是古代纱类织物中难得的珍品。

图 10-10　西汉素纱禅衣

图 10-11　西汉泥金银印花纱

1972 年湖南马王堆 1 号墓出土，湖南省博物馆藏。该织品出土时为整幅匹料，幅宽 47 厘米，长约 64 厘米，纹样由三部分构成，也就是由三块不同的纹版分别套印的，即“个”字形定位纹、略呈长六边形的主题纹、起点缀作用呈迭山形的圆点纹。纹样单位长 6.17 厘米，宽 3.7 厘米。该印花织品具有很高的工艺水平，且是我国目前发现最早的套版印花作品。

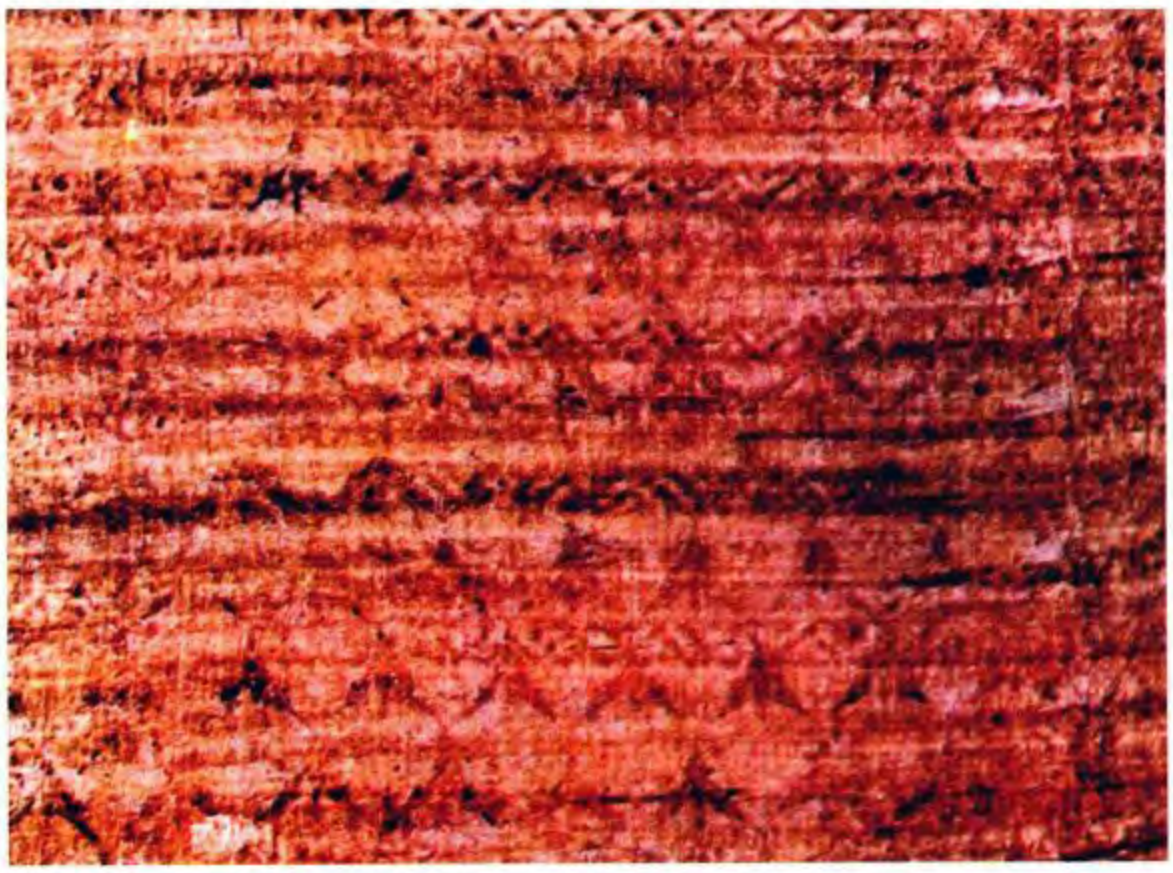


图 10-11　西汉泥金银印花纱

图 10-12　西汉漆缃纱冠

1974 年湖南马王堆 3 号墓出土，湖南省博物馆藏。我国织物涂层整理技术的出现时间较早，在西周墓中就曾发现过实物残片。汉以来，涂层工艺的应用范围更为广泛，《后汉书》有“漆布缁辀车”的记载。这顶漆缃纱冠，漆纱外观乌黑，具有耐水、耐腐蚀、硬挺等物理特性，反映了古代织物涂层整理的技术水平。

图 10-12　西汉漆缃纱冠

图 10-13　江苏泗洪曹庄汉画像石

这块画像石，描绘的是“曾母断机训子”的故事。画中，坐于机内，转身掷梭于地，以手作训斥状的人是曾母，拱手而跪者是曾参。从纺织技术史角度看，最重要的是上面所绘出的纺车和织机的型制。虽然从画像石上仅可窥其大致形状，但这种难得的刻有经典故事的汉代装饰石砖，是我们了解古代家庭纺织生产情况及早期纺车和织机结构的重要资料。

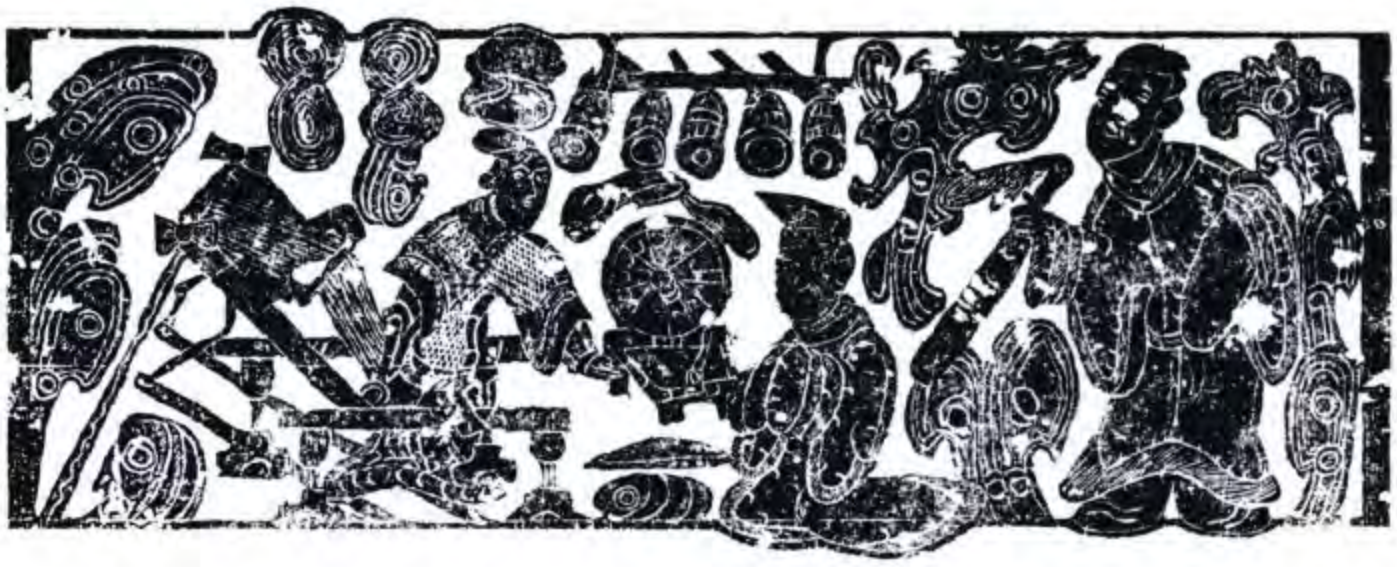


图 10-13　江苏泗洪曹庄汉画像石

图 10-14　汉代纺织鼓形贮贝器

1956 年云南晋宁石寨山出土，中国国家博物馆藏。该器物高 21 厘米，面径 25 厘米，器形为铜鼓状，底面封闭，鼓面可开启。器盖铸有纺织人物群雕。人物装束、发式各异，其中有几个妇女席地而坐操作各类机具，有的捻线，有的提经，有的投纬。塑像形态十分逼真，从中可以形象地看到用原始织机织布的全过程。

图 10-14　汉代纺织鼓形贮贝器

图 10-15　东汉红地“韩仁绣”锦

新疆出土的红地经锦。纹样图案为姿态各不相同的六个动物形态，且每一动物沿经向重复排列成直条。各直条宽窄不一，轻重色彩的搭配亦极为协调。每一花回单位，长 18 厘米，宽 45 厘米。锦上还织有表示某种含义的语句：“韩仁绣文字右子孙无亟”。织锦纹样生动，景物自如，色彩富丽，是汉锦中的代表产品。

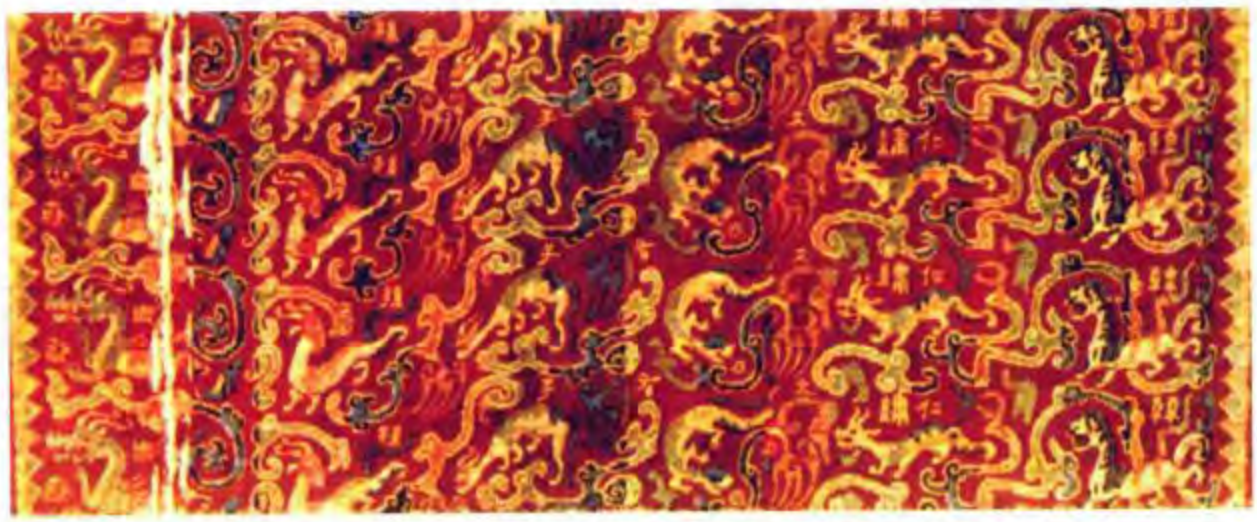


图 10-15　东汉红地“韩仁绣”锦

图 10-16　东汉人物葡萄纹毛织品

1959 年新疆民丰尼雅遗址出土，新疆维吾尔自治区博物馆藏。该织品是在黄色地上饰以深绿色的人物和写实葡萄。因系纬线起花织锦，故花纹生动，色彩丰富。

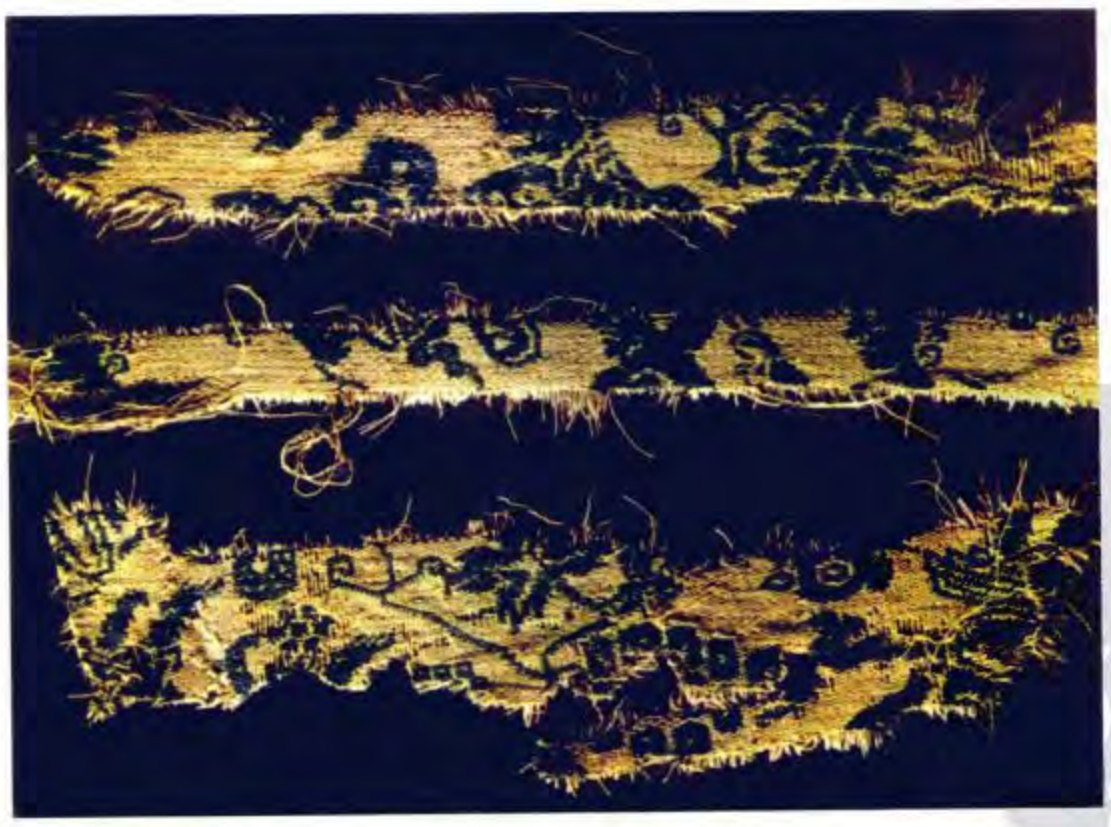


图 10-16　东汉人物葡萄纹毛织品

图 10-17　东晋织成履

1964 年新疆吐鲁番阿斯塔那北区 39 号墓出土，新疆维吾尔自治区博物馆藏。此履长 22.5 厘米，宽 8 厘米，高 4.5 厘米，履料采用织成结构的织物。所谓“织成”，系采用通经断纬方法织制的织物。此织成，织作技术熟练，色彩变化复杂，冷热色搭配恰到好处。其花纹对兽的造型，全部墨线勾勒，既方整凝重，又饶装饰美，具生动活泼之艺术效果。

图 10-17　东晋织成履

图 10-18　北朝方格兽纹锦

1968 年新疆吐鲁番阿斯塔那北区 99 号墓出土，新疆维吾尔自治区博物馆藏。出土残片长 18 厘米，宽 16.5 厘米，系经线显花锦。经线有红、黄、蓝、白、绿五种颜色，各色分区排列配色，每区由三色成一组。黄白地上显出蓝色块状牛纹，绿白地上显出红色线条状的狮纹，黄白地上显出蓝色线条状的双人骑象纹。该品反映了当时写实、配色、显花的高超技艺。

图 10-18　北朝方格兽纹锦

图 10-19 唐浅棕地团窠印花缣

图 10-19 唐浅棕地团窠印花缣

新疆吐鲁番阿斯塔那北区 191 号墓出土，新疆维吾尔自治区博物馆藏。缣是一种双丝平纹的生丝织物，其织物具有细密的特点。该印花缣系六幅喇叭筒式女裙残片，经密为每厘米 66 根，纬密为每厘米 30 根。印花纹样为蔓业花纹组成团花，内有一鸟，间缀四叶，以碱剂防染夹板印出。

图 10-20 唐代“四骑士”狩猎纹锦

图 10-20 唐代“四骑士”狩猎纹锦

日本法隆寺藏。该织品长 250 厘米，宽 130 厘米，主体纹样为联珠圈、对人、对兽。虽然纹样图案中的四骑士，与波斯银器上刻的头戴王冠的萨珊王夏希尔二世骑马射狮之形象十分相似，但该织品织造之精细，远胜当时波斯之织锦，而且马腿上织有“吉”、“山”二字，冠顶织有“日”、“月”纹，证明是中国产品。

图 10-21　拜占庭纹织物上的变体联珠团窠纹

这块名为“驷马车”或“两轮战车”的纬锦，系 6～7 世纪的产品，德国亚琛大教堂宝物馆藏。其上外圈联珠纹已被花草纹代替，风格与中国唐代联珠团窠纹很接近，可见中国古代纺织技术对欧洲影响之深。

图 10-21　拜占庭纹织物上的变体联珠团窠纹

图 10-22　叙利亚纹织物上的对人对兽纹

图 10-22　叙利亚纹织物上的对人对兽纹

该幅纹锦，生产时间相当于唐代，伦敦维多利亚与亚伯特美术馆藏。其上纹样系对称排列图案，以写实风格，生动刻画了人和动物的形象及神态。纹样色彩以红色为基调，在红色地上，以青、绿、黄、白等色纬线，将自上而下对称排列着的骑士、骏马、狮子、猎犬织出。

图 10-23　唐代棕色绞缬绢

1968 年新疆吐鲁番阿斯塔那北区 117 号墓出土，新疆维吾尔自治区博物馆藏。该织品长 16 厘米，宽 5 厘米，绞缬花样色调柔和，花样边缘受染液的浸润形成的从深到浅的自然色晕，使织物看起来层次丰富，且具有晕渲烂漫、变幻迷离的艺术效果。

图 10-23　唐代棕色绞缬绢

图 10-24　唐代缠枝莲舞狮子纹锦

图 10-24　唐代缠枝莲舞狮子纹锦

日本正仓院藏。以狮子作为织物的装饰纹样，在南北朝时期就开始流行。该幅纹锦，花纹单位达 57 厘米以上，艺术效果宏伟富丽，表明唐代提花织机的花本装造技术已具相当高的水平。

图 10-25　唐代印花蜡缬纱

1968 年新疆吐鲁番阿斯塔那北区 105 号墓出土，新疆维吾尔自治区博物馆藏。该织品长 56 厘米，宽 31 厘米，在绿地上印出狩猎图案。图中有猎手、流云飞鸟、花草鹿兔和山石树木。猎手或驱马飞奔，或驱马张弓，或驱马张索。该织品印花干净，图案生动，是唐代丝绸印花精品之一。

图 10-25　唐代印花蜡缬纱

图 10-26　唐代张萱《捣练图》

宋徽宗赵佶摹本，美国波士顿博物馆藏。图中不仅再现了唐代妇女捣练和熨烫丝帛的场面，还细腻描绘出唐代妇女所着服装的艳丽色彩及纹样图案。图中服装的色彩有朱红、橘黄、米黄、翠绿、草绿、石青、白等；图案有棋格纹、小簇花、连线纹、龟背纹、樗蒲纹、大撮晕染缬纹等。这些色彩和纹样，都是唐代流行的。此图为原图的熨烫部分。

图 10-26　唐代张萱《捣练图》（局部）

图 10-27　宋代灵鹫球纹锦袍

图 10-27　宋代灵鹫球纹锦袍

1953 年新疆阿拉尔出土，故宫博物院藏。该锦袍面料系织工精细的纬锦织物，呈浅褐色地，组织为三枚左向斜纹。经纬均不加捻，经纬密度分别是每厘米 26 根（包括地经、纹经）和 60 根（包括地纬、纹纬）。锦袍上的纹样，又称“球路双鸟纹”，庄重严谨，色彩明快，富有意趣。

图 10-28　宋代球路双鸟纹锦

图 10-28　宋代球路双鸟纹锦

1953 年新疆阿拉尔出土。该锦袍系五枚斜纹纬起花锦，经线为淡黄色，彩纬有白、淡黄、黑、绿等色。以连线纹、柿蒂纹、连珠纹和龟背纹组成球路。纹样风格与公元 10～12 世纪波斯、拜占庭的相似。

图 10-29　南宋矩纹纱交领单衫

1975 年江苏金坛南宋周瑀墓出土，镇江博物馆藏。此单衫用薄质本色矩纹纱面料裁制。矩纹纱是一种二经相绞，起平纹花的稀经密（15×21）提花纱。从它的结构和纹样看，是以三行工形纹为基础组成的图案，地明花暗，可能即当时的“三法暗花纱”。

图 10-29　南宋矩纹纱交领单衫

图 10-30　南宋深烟色牡丹花纹背心

1975 年福州南宋黄昇墓出土，福建省博物馆藏。该背心采用斜纹起花、三经相绞地纹的牡丹花罗制作。这类绞纱组织，可以在带筘的织机或花机上加挂绞综后织造；也可以把带筘织机或花机上的筘和撞杆的分量减轻后织造。

图 10-30　南宋深烟色牡丹花纹背心

图 10-31　南宋沈子蕃缂丝山水轴

传世品，台北故宫博物院藏。该幅缂丝高 83.5 厘米，宽 35.8 厘米，缂织方法十分复杂，采用了掼、勾、搭梭、结、合花戗等几乎所有的缂织技法，而且缂工讲究。该作品最成功的地方是在部分山水、树干、树叶、石之轮廓处用墨色添笔，既保留了原作青绿山水之笔意，也显示出缂丝作品独特的艺术风貌，是传世缂丝中的精品。

图 10-31　南宋沈子蕃缂丝山水轴

图 10-32　《耕织图》

《耕织图》是我国古代有关耕织方面最早的一本以诗配图供普及用的图册。著者楼琦，字寿至，南宋浙江四明（今宁波）人。现真本已不可见，不过后代的临摹翻刻本，仍保留有楼琦原图的韵味。此图中，提花机花楼高耸；挽花工踞座架顶，理综挽花；织花工心手相印，抛杼打纬。

图 10-32　《耕织图》

图 10-33　金代烟色地双鸾朵梅织金锦绵男护胸

黑龙江阿城出土。该品以烟色地双鸾朵梅为显花面，黄绢为里，内絮丝绵，左右两边上部各有 4 根黄绢系带。面料纤维为蚕丝，地组织为 3 枚右向经斜纹，织金纹样为 3 枚左向纬斜纹，金线显花。经线略加反捻，密度为每厘米 42～43 根。纬线无捻，密度为每厘米 22～23 根。金线宽约 0.30～0.45 毫米，密度为每厘米 16 根。面料织造精细，提花工整。

图 10-33　金代烟色地双鸾朵梅织金锦绵男护胸

图 10-34　元代红地龟背团龙凤纹纳石矢佛衣披肩

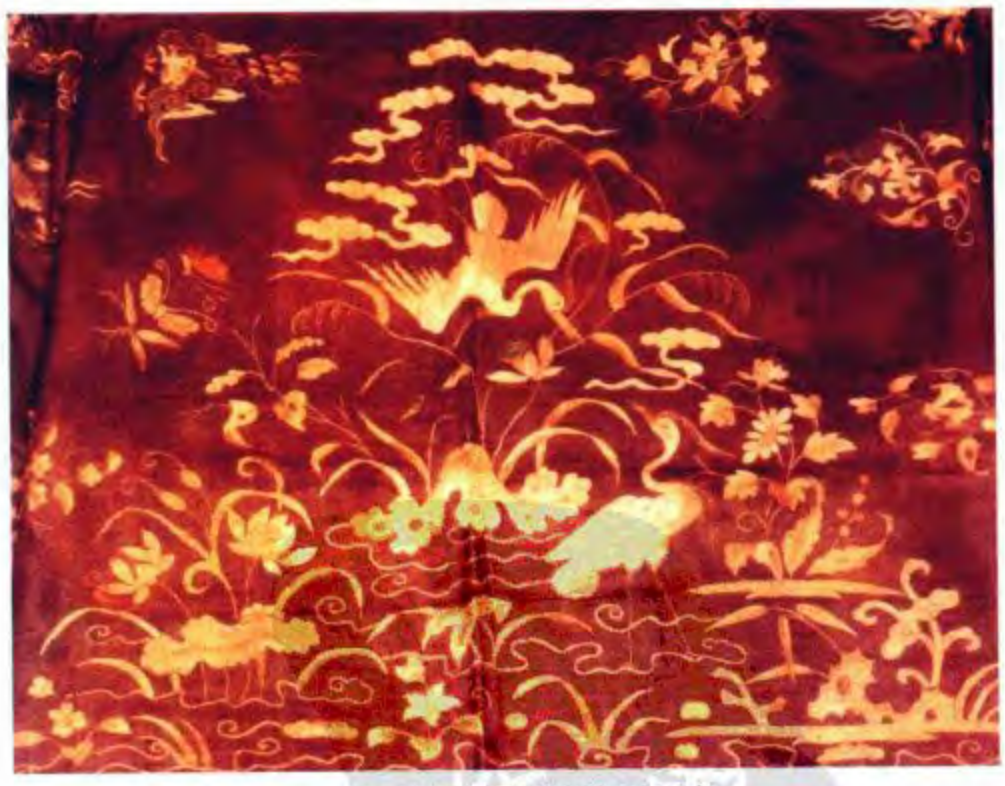
图 10-34　元代红地龟背团龙凤纹纳石矢佛衣披肩

传世品，故宫博物院藏。该品衣领处缀有两条绿色丝绦，胸前缀袢一道，右边为红丝袢，左边为珊瑚圆扣。面料纤维为蚕丝，地组织为 3 枚右向经斜纹。地经和纹经密度为每厘米 98 根，地纬和纹纬密度为每厘米 40 根。每一纹样单位，长 22.8 厘米，宽 15 厘米。元人偏爱金银饰物，推动了织金锦的流行和织造技术的提高，该品即其时织造出的精品之一。

图 10-35　元代棕色罗刺绣花鸟纹夹衫

1976 年内蒙古元代集宁路故城出土，内蒙古自治区博物馆藏。该夹衫采用四经绞罗制作，织造这类绞纱组织，只能用专门的织机，即薛景石《梓人遗制》中所载的罗机子。夹衫上的刺绣图案繁缛复杂，既有人物，又有花草树木和飞禽兔鹿，采用了打子、戗针、辫子股、鱼鳞针、切针等针法。

(a) 棕色罗刺绣花鸟纹夹衫



(b) 棕色罗刺绣花鸟纹夹衫局部

图 10-35　元代棕色罗刺绣花鸟纹夹衫

图 10-36　小纺车

纺车是一种可用于并线、捻线、落纬、牵伸的机具，在古代也被称为车、纬车或缫车，这些称谓主要与上述不同的用途有关。该图系专门用于纺麻的纺车。

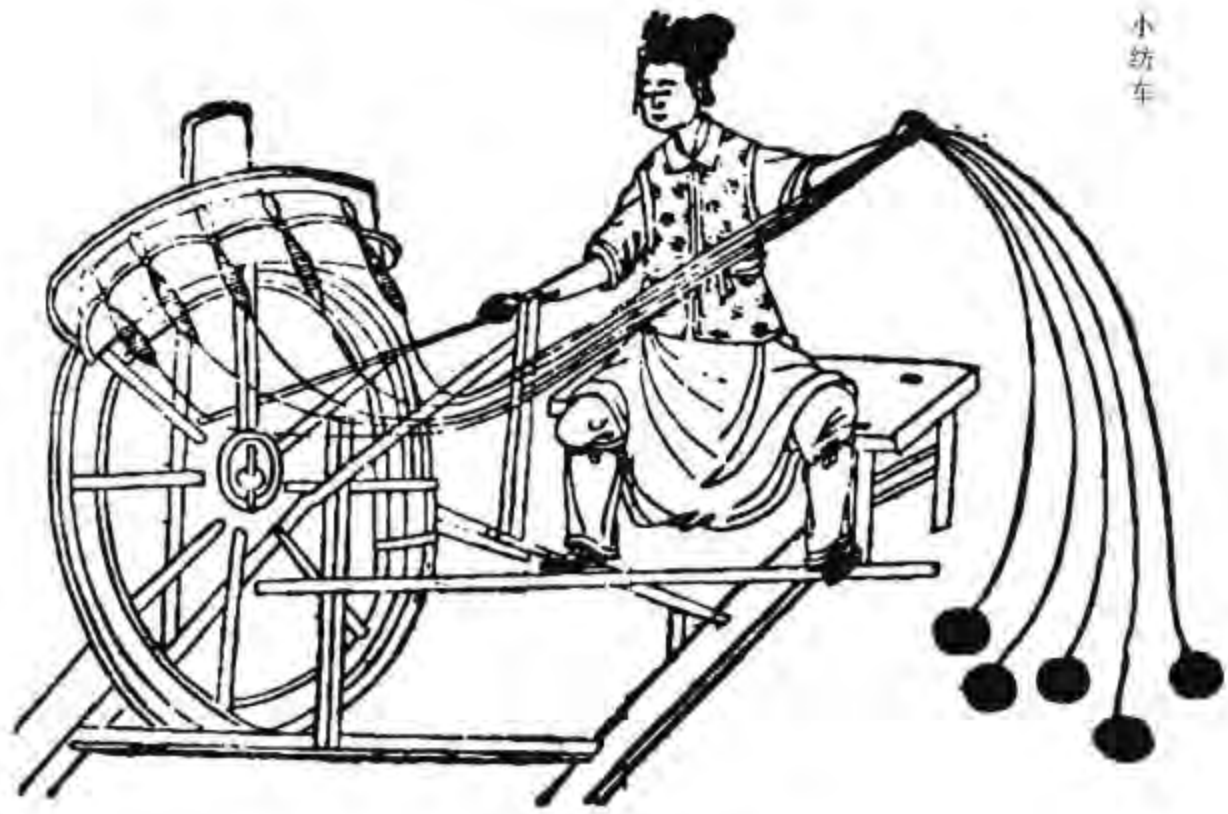


图 10-36　小纺车

图 10-37　大纺车

元代王祯《农书》载。大纺车出现于北宋或更早一些，它的特点是锭子数多达几十枚，加捻、卷绕同时进行，生产效率大大高于小型纺车，特别适于大规模的专业化生产。以纺麻为例，小型纺车每天最多纺纱 1～3 斤，而大纺车一昼夜可纺 100 斤左右，纺绩时需集中足够数量的麻才能满足它的生产能力。驱动大纺车的动力可以是人力、畜力，也可以采用水力。

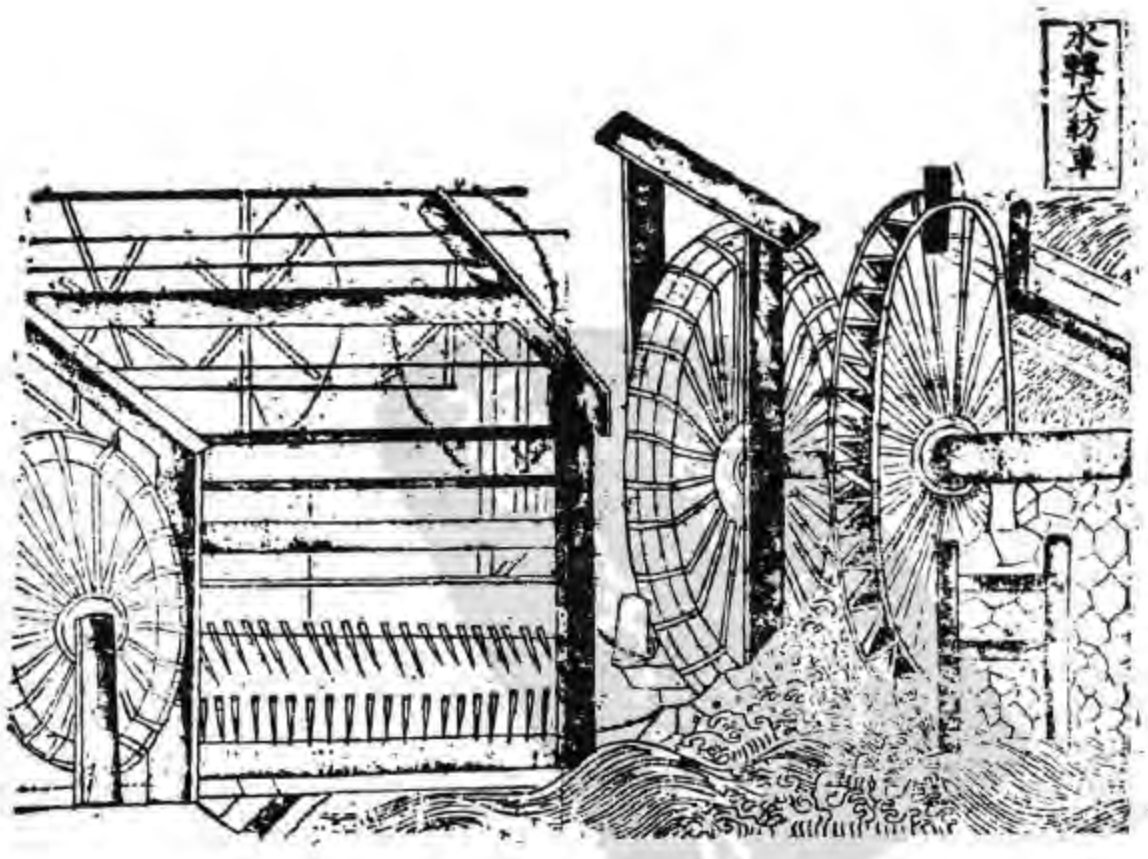


图 10-37　大纺车

图 10-38　罗机子

元代薛景石《梓人遗制》载。织造罗织物的专用织机，与其他织机最大的区别是它的开口机构。有关这种织机型制的详细记载，仅见于《梓人遗制》一书。根据书中所载零件图、总体装配图、零件尺寸、制作方法和安装部位分析，它是由机架、分经木、吊综杆、综片、卷轴、经轴、踏杆等机件组成。这种织机没有竹筘，也没有梭子，用斫刀投纡兼打纬。

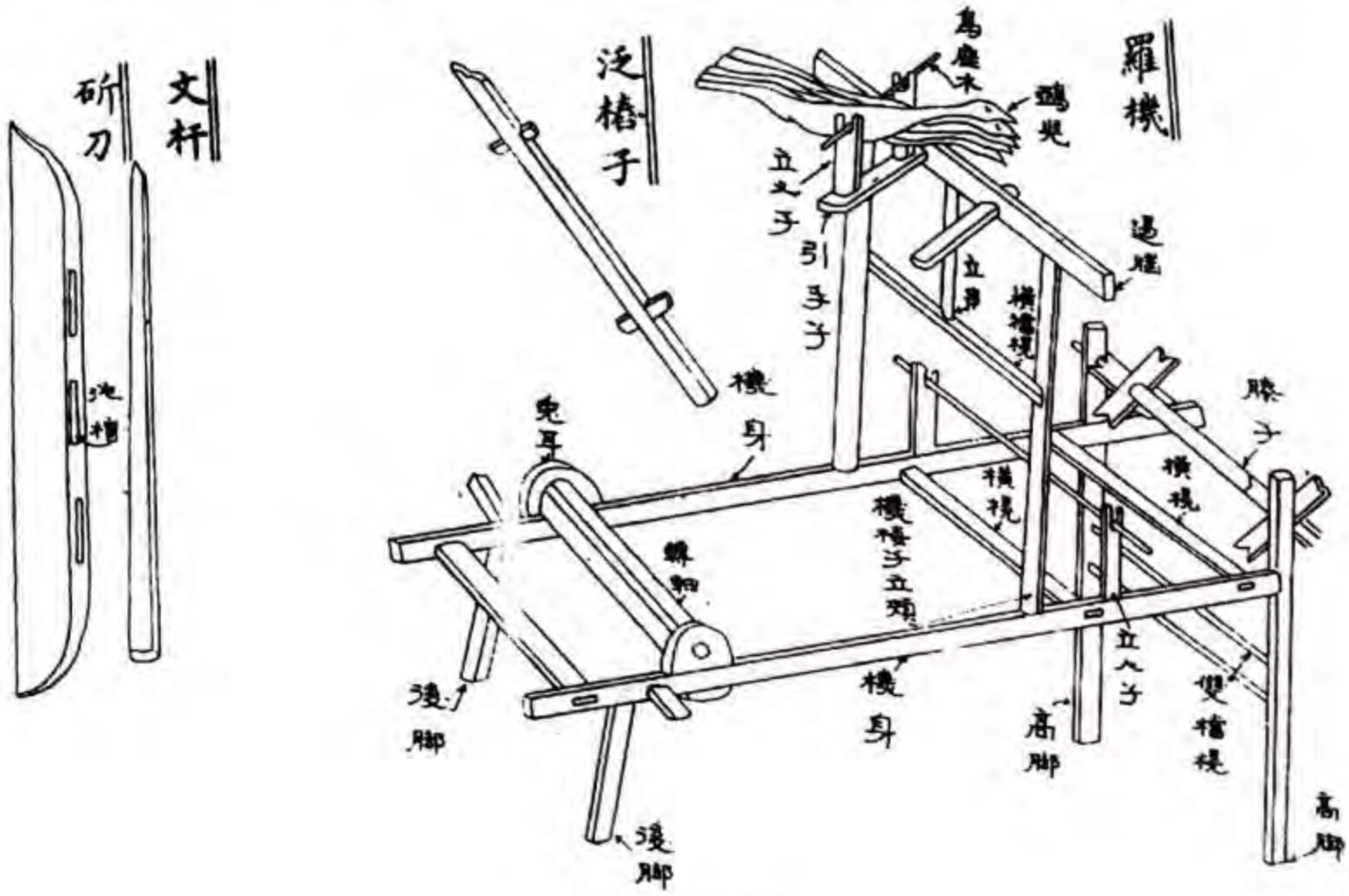


图 10-38　罗机子

图 10-39　立机子

元代薛景石《梓人遗制》载。立织机系织造时经纱平面垂直于地面的织机。唐末五代之间，在新疆地区普遍使用其制织一些粗纺棉、毛织品和毯类织品。宋元时期，传入山西，成为当地常见机型之一。由于立织机本身的缺陷，如：经轴位于机架上方，更换不便；不能加装多片综织造，只能制织一些平纹织物，不能制织花色织物。明清时期，逐渐被淘汰。

图 10-40　万历皇帝缂丝十二章衮服

1958 年北京定陵出土，定陵博物馆藏。这件衮服由大襟（含左袖）、小襟（含右袖）、后片组成，衬里为黄色方目纱。以黄色为基调，地纹为卍、寿、蝙蝠、如意云纹，主要显花纹饰为十二章。十二团龙分饰前后身和前袖，日、月、星辰、山峰分饰两肩和背部下方，四只华虫分饰两袖，宗彝、藻、火、粉米、黼、黻六章分饰前身团龙。衮服缂工之精细，纹样之复杂，为历来所罕见。

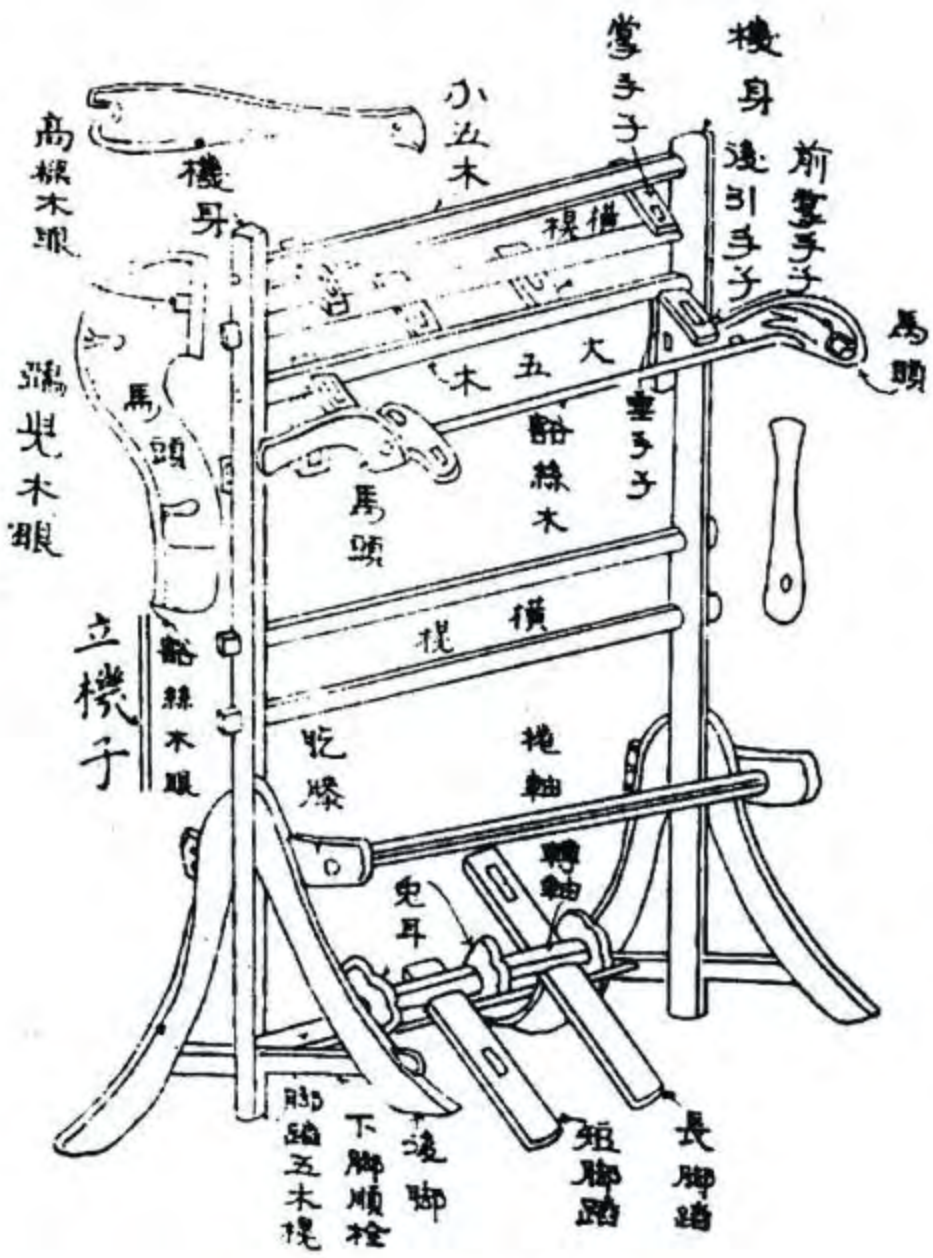


图 10-39　立机子

图 10-40　万历皇帝缂丝十二章衮服

图 10-41　明代孝靖皇后洒线蹙金龙百子戏女夹衣

1958 年北京定陵出土，定陵博物馆藏。此夹衣面料采用两经绞纱组织，经密每厘米 14 根，纬密每厘米 24 根。面料上的刺绣图案，即戏耍的 100 个儿童和各种树木花卉，是采用绒线、捻金线、包梗线、孔雀羽线、花夹线、彩线等 6 种绣线，运用穿纱、蹙金、正戗、反戗、缠针、铺针、接针、松针、撅和针、盘金、圈金、钉线等 12 种针法绣制而成。

图 10-41　明代孝靖皇后洒线蹙金龙百子戏女夹衣

图 10-42　明代红地织金栲蒲龙凤罗

栲蒲原为古代博戏工具。宋程大昌（1123～1195）《演繁露》卷六：“今世蜀地织绫，其文有两尾尖削而中间宽广者，既不像花，亦非禽兽，乃遂名栲蒲。”该织品由龙凤组成的栲蒲纹，构图匀称，色彩富丽。

图 10-42　明代红地织金栲蒲龙凤罗

图 10-43　明代圆金地鸾凤牡丹纹缂丝团补

清华大学美术学院藏。这幅缂丝系服装中的圆补，直径约 30.5 厘米。经线用直径约 0.15 毫米的白色单股生丝，纬丝用直径约 0.25 毫米的捻金线。彩纬用直径约 0.25 毫米的双股右捻丝，色有白、黑、藏青、深蓝、淡蓝、大红、粉红、墨绿、豆绿、黄绿、土黄、淡黄等 18 种。缂工精致，意趣非凡，是传世明代缂丝中的精品。

图 10-43　明代圆金地鸾凤牡丹纹缂丝团补

图 10-44　花机图

明代宋应星（1587～约 1666）《天工开物》载。花楼提花机出现在汉代。汉以后，经六朝和隋唐几代的改进和提高，到宋元时已臻于完善，并被分化成大、小两种机型。大、小花楼机的主要差异是：前者可制织各种大型复杂的纹样，后者制织的纹样相对来说则简单一些。在整个宋元明清时期，这两种机型一直占据着提花技术的主导地位。该图系小花楼提花机。

图 10-45　清代折枝花蝶妆花缎女帔

传世品，故宫博物院藏。这件女帔，衣长 114 厘米，两袖通长 225 厘米，袖口宽 43 厘米，下摆宽 108 厘米，左右裾各长 63 厘米，系清宫所藏戏衣。该衣料采用经 8 枚缎组织，运用挖梭技术显花。纹样以青色背景为衬托，利用粗细 26 种彩色花纬，挖织出牡丹、桃花、梅花、玉兰、海棠、彩蝶等。花纹配色细腻入微，采用二晕、三晕和间晕法，突显了花卉的妖娆妩媚，蝴蝶的轻灵翩翩。构图之大胆，色彩之分明，织工之精细，使这件女帔成为妆花

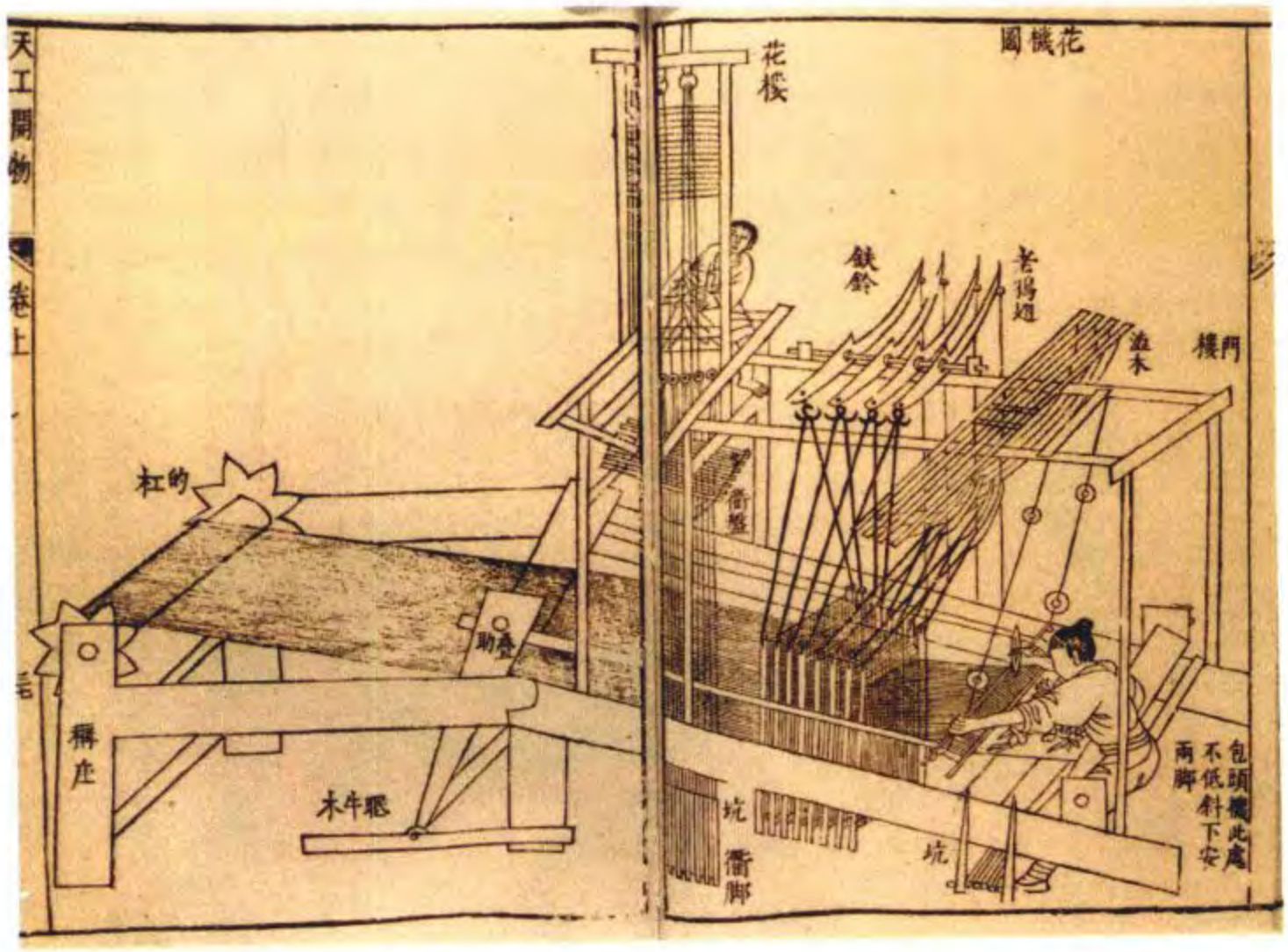


图 10-44　花机图

缎中的精巧之作。

图 10-45　清代折枝花蝶妆花缎女帔

图 10-46　清代杏黄地缠枝莲妆花缎

故宫博物院藏。该织品用割绒为纹样背景，彩纬显花，金线勾边。经线有分绒经、地经、接结经三种，纬线有地纬、圆金线、彩绒三种。地纬和圆金线通梭织入，彩绒用小纡管挖织，浮纬用接结经固结。纹样为独幅大型缠枝莲，花蕊中有金线织成的莲蓬，横列的两方连续带状纹，一作勾连万字；一作夔龙饕餮。将起绒和妆花组合起来，就织造过程而言，非常复杂，技术要求亦相当高。

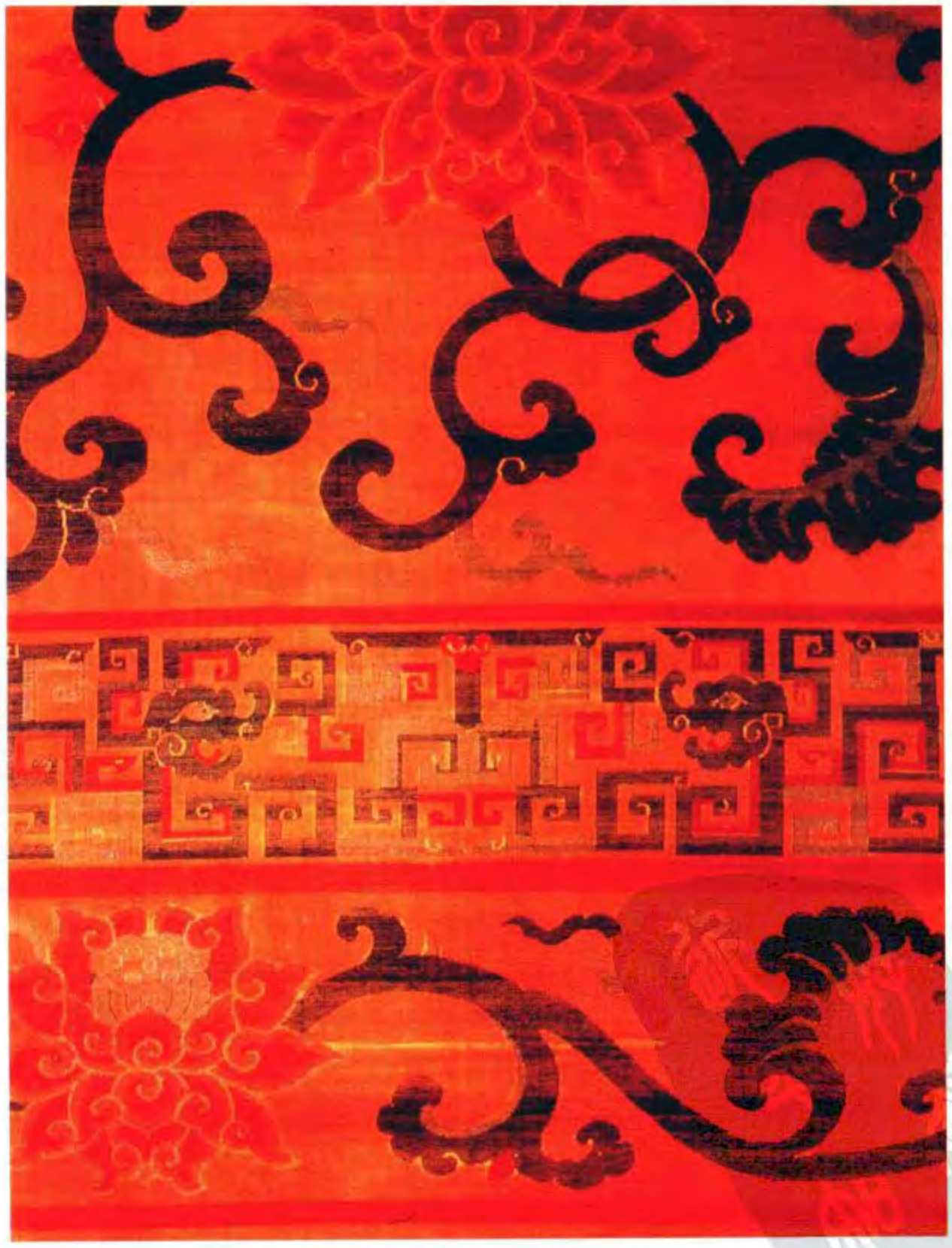


图 10-46　清代杏黄地缠枝莲妆花缎

图 10-47　清代敷彩团花漳缎

故宫博物院藏。该织品系一坎肩料，地组织采用六枚变则经缎，割绒显花。地经为宝蓝色丝，绒经为白色熟丝，绒根采用三纬固结法。织物下机割绒后，在绒花上敷彩。团花用牡丹、灵芝、卍字、蝙蝠、寿桃组合在一起，寓意“富贵如意，万福万寿”。团花的色彩，除卍字、叶子外，均用淡彩，故能在宝蓝色地上呈现出明快和谐、不落俗套的意境。

图 10-47　清代敷彩团花漳缎

图 10-48　水纺车

清代卫杰《蚕桑萃编》载。这种纺车系专用于丝织业的大型并捻车。它是在宋元大纺车的基础上演变出来的，有水纺和旱纺两种类型。对这两种类型，《蚕桑萃编》都有所论述。据此书说：江浙丝织业使用的都是水纺型，亦称之为“江浙式”；四川丝织业使用的都是旱纺型，亦称之为“四川式”，并说江浙丝和四川丝之所以精美，皆与使用这种纺车有关。

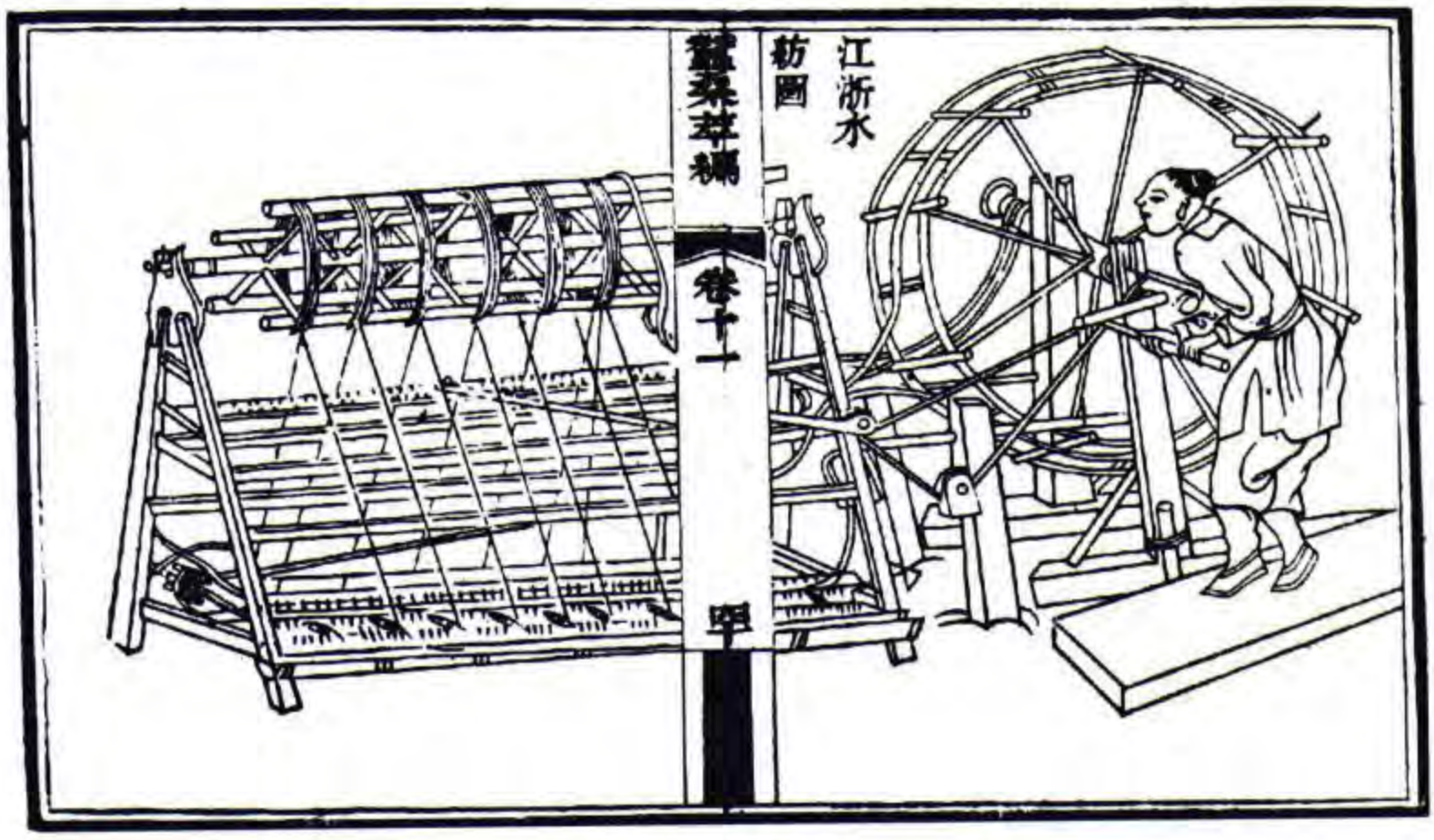


图 10-48　水纺车

图 10-49　顾绣西湖画册之一

清代绣品，台北故宫博物院藏。顾绣是明嘉靖年间进士顾名士家族的刺绣技术，其特点是能以最恰当的针法来表现物象的肌理。现被称为四大名绣之一的苏绣，就是在顾绣基础上发展起来的。该绣面，色彩以草绿和棕绿色为主，用玫瑰红点缀，针法以擞和针和滚针为主，所表现的是西湖十景之一“柳浪闻莺”的春色美景。

图 10-49　顾绣西湖画册之一

图 10-50　清代《苏州织造局图》碑

苏州博物馆藏。碑上题款为："姑苏岁造，旧时散处民间，率则塞责报命，本部深悉往弊，下车之后，议以周戚畹遗居堰为建局。具题得旨，今创总织局前后二所大门三间，验缎厅三间，机房一百六十九间，处局神祠七间，绣缎房五间，染作房五间，灶厨菜房二十余间，四面围墙一百六十八丈，开沟一带长四十一丈，厘然成局，灿然可观。画图立石□□永久。"

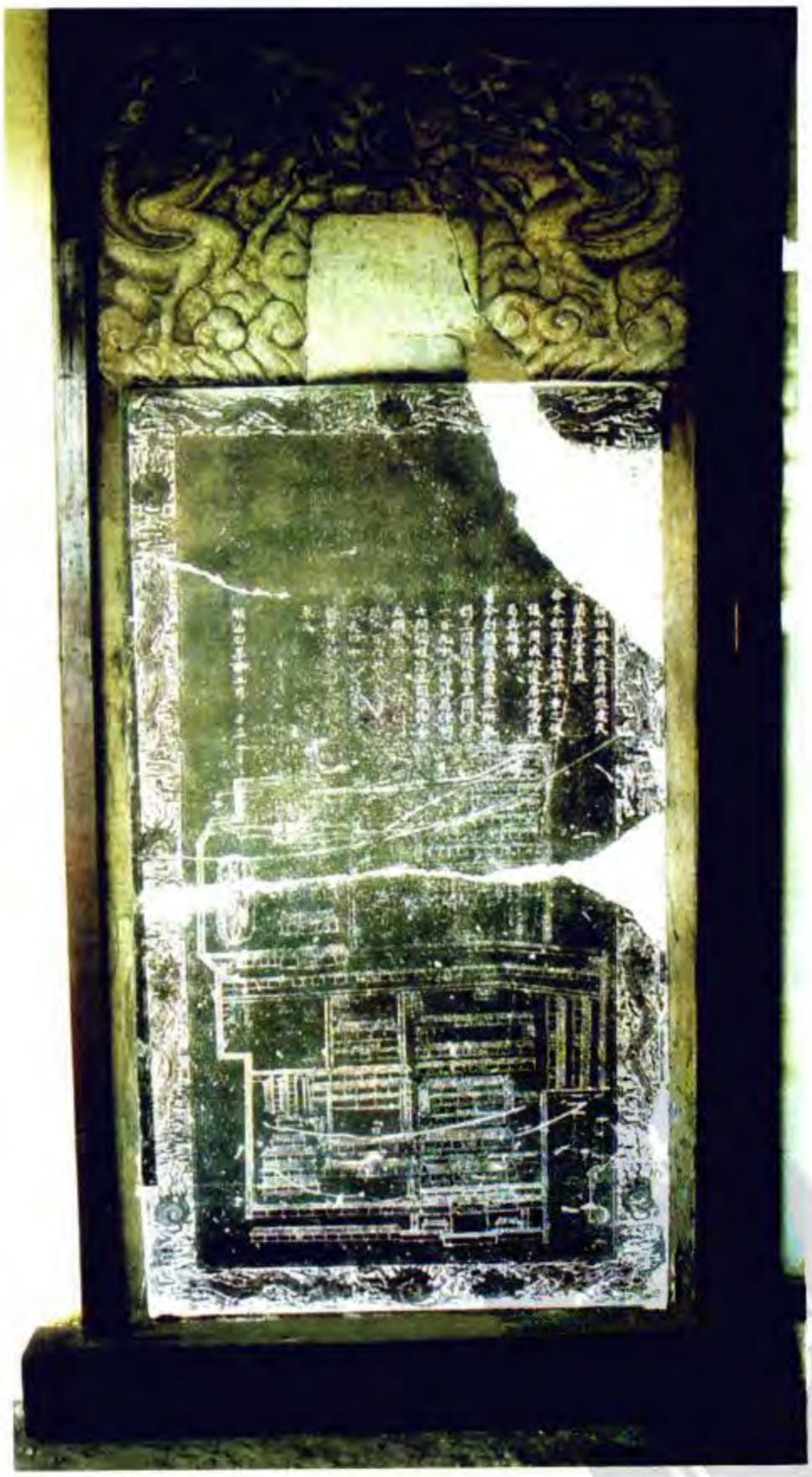


图 10-50　清代《苏州织造局图》碑

第十一章　矿　　冶

本章展示了 49 幅图片，包括煤矿开采和使用 1 幅、铜矿开采 3 幅、井盐开采 4 幅、天然气开采 1 幅、玉石加工 1 幅、金、银、锡、锌四种金属的冶炼或加工 4 幅、铜器冶铸和加工 19 幅、铁器冶铸和加工 16 幅。时间由仰韶文化到明清，有少数图片则属流传至今的传统技术，大体反映了我国古代矿冶技术的主要技术成就和发展历程。

在此有几点需顺便说明：①除此所列，还有不少图片也是具有重要学术价值的，因受篇幅所限，不得不忍痛舍去。②部分学科，如煤炭和石油的开采及利用，铅之冶炼及加工等，则因一时找不到合适的图片而只得遗憾地阙如。③本书所收许多图片都具有多方面的参考价值。例如，藁城铁刃铜钺从军事上看，是重要的兵刃；从政治上看，是王权的象征；从冶金技术上看，是我国古代最早用铁（陨铁）的明证，也是我国古代最早的双金属复合材料制品。此器今置第十八章。又如，四川成都羊子山汉代盐井画像砖，在井盐技术史上也是具有重要学术价值的，今置第七章。所以，在阅读本章时，请参考一下其他有关章节。

图 11-1　临潼姜寨黄铜片（金相组织）

1973 年出土，仰韶文化，器藏陕西省博物馆。此铜片呈半圆形，残，径 4.8 厘米、厚 0.1 厘米。铸制，含铜 66.54%、锡 0.87%、铅 5.92%、锌 25.56%、铁 1.11%。属含锡的铅黄铜。金属基体为 α 黄铜，稍呈树枝状晶偏析，晶界处的多角形浅色条块状物为含锡稍高的（α+δ）相。经 ^{14}C 年代测定并树轮校正，属公元前 4675±135 年。该遗址还出土过一件黄铜质管状物，属简单黄铜。这都是我国今见最早的金属器（件），大凡它们都是用共生矿或某种混合矿直接冶炼得到的。从世界范围看，公元前 4000 年以前的冶炼遗物是为数不多的；公元前 3500 年之后，冶炼铜的数量才逐渐多了起来。姜寨黄铜片和黄铜管也是世界上最早的冶炼铜之一（图版采自《姜寨——新石器时代遗址发掘报告》，韩汝玢文）。

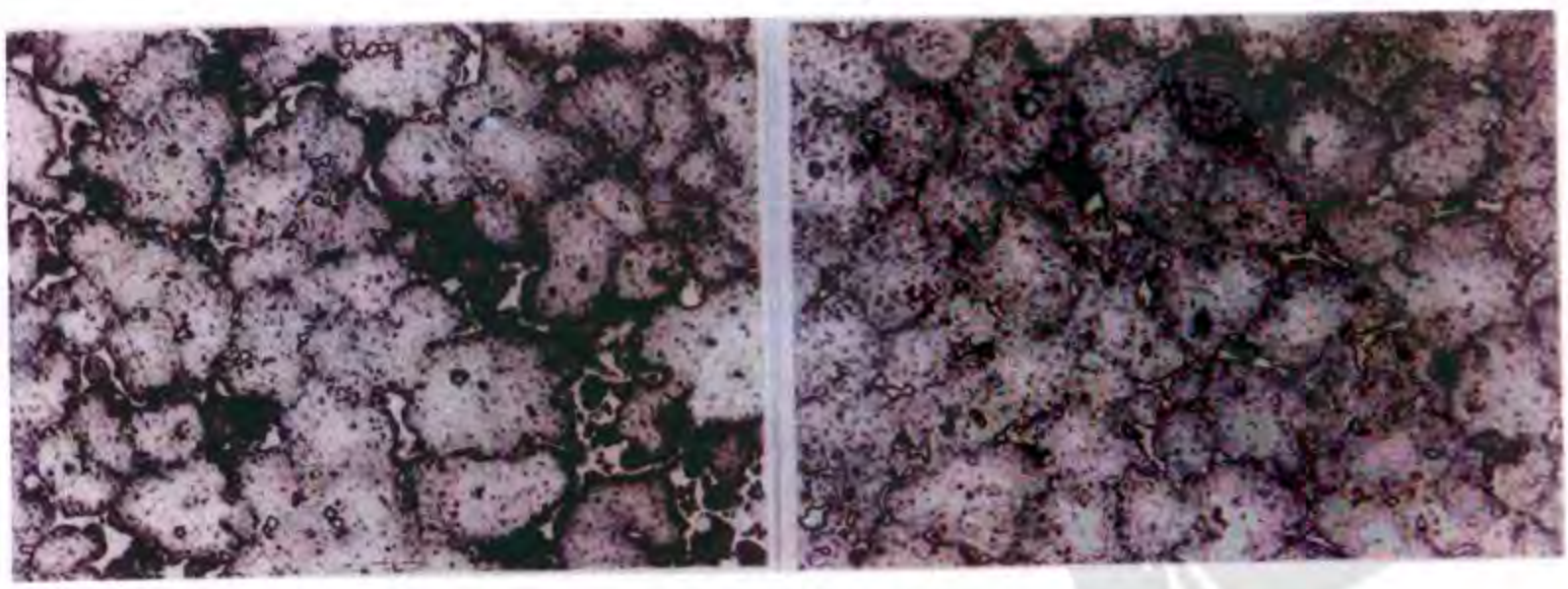
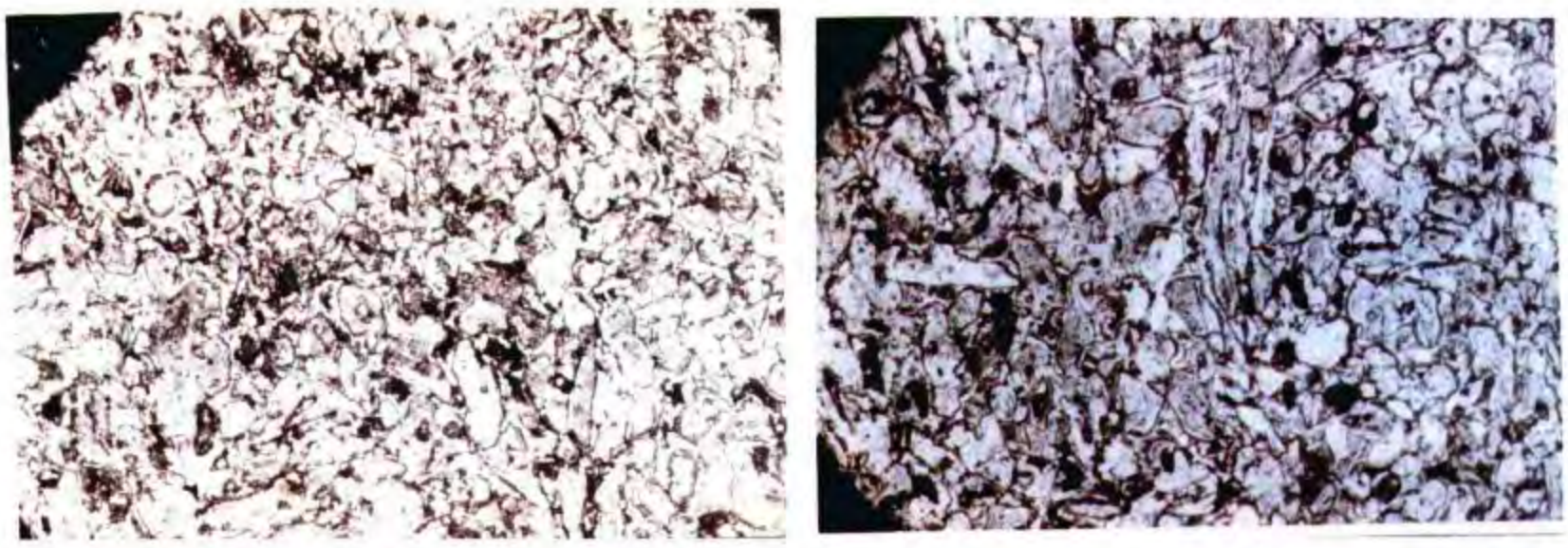


图 11-1　临潼姜寨黄铜片（金相组织×400）

图 11-2 长岛店子黄铜片（金相组织）

1982 年出土，龙山文化晚期，器藏山东省长岛县博物馆。此铜片呈圆形，去锈后直径 26.4 毫米，厚 0.8～0.9 毫米。经扫描电镜能谱分析，成分为：铜 61.659%，锡 0.319%，铅 2.404%，锌 34.888%，铁 0.0728%，属于铅黄铜。局部曾经轻度锻打，金属基体为 α 黄铜，金相观察面上显示了少量滑移线，还有一些回复。一般认为，它也是利用共生矿或某种混合矿直接冶炼得到的原始黄铜。截至 20 世纪末，我国见于考古发掘的仰韶—龙山文化原始黄铜计约 6 件（标本承长岛县博物馆提供）。



(a) ×320　　(b) ×700

图 11-2 长岛店子黄铜片金相组织

图 11-3 齐家文化七角星纹镜

图 11-3 齐家文化七角星纹镜

1977 年青海贵南县尕马台出土，中国国家博物馆藏。此镜呈圆形，钮圆，已残，钮外饰凸弦纹一周，主纹为七角星纹，其间饰以斜线纹。直径 8.9 厘米，厚约 0.3 厘米，重 109 克。镜缘上有两个梨形小孔，作为提系。铸制。合金成分为：铜 91.24%，锡 8.76%。系共生矿或某种混合矿冶炼得到的原始青铜。目前我国所见最早的铜镜属齐家文化时期，计约 3 枚，除此之外，在甘肃广河、临夏还各出土 1 枚。看来，从较早的年代起，人们就开始了认识、了解自己的过程（图版采自《考古》，1980 年第 4 期，李虎侯文）。

图 11-4　二里头铜爵

图 11-4　二里头铜爵

酒器，1974 年河南偃师二里头出土，属二里头文化三期，中国社会科学院考古研究所藏。通高 12.0 厘米，底长 4.5 厘米，底宽 5.5 厘米。铸制。我国古代的冶金技术约发明于仰韶文化时期，龙山、齐家文化时便进入了铜石并用时代。二里头文化时期，青铜合金技术萌芽，开始有意地配制了青铜合金，进入了早期青铜时代。此时出土了我国最早的一批器型完整的青铜礼器，包括鼎、觚、爵、斝、盉等，其中数量最多的是爵；青铜器的数量、品种明显增加，器型开始增大并稍见复杂。有学者分析过 2 枚二里头铜爵的成分，分别为铜 92%、锡 7%；铜 91.98%、锡 2.62%、铅 2.34%。此前，见于考古发掘，且年代更早的青铜礼器是登封王城岗龙山文化晚期青铜鬶（?）残片（图版采自《考古》1975 年第 5 期）。

图 11-5　镶嵌绿松石饕餮纹铜饰牌

图 11-5　镶嵌绿松石饕餮纹铜饰牌

工艺品，1981 年河南偃师二里头出土，属二里头文化二期偏晚，中国社会科学院考古研究所洛阳工作队藏。饰牌呈长圆形，长 14.2 厘米，宽 9.8 厘米，一面凸，一面凹。凸面由许多不同形状的绿松石粘嵌排列成饕餮纹。两侧有两组穿钮，用以固定在织物上。凹面今尚残有麻布痕迹。这是我国较早的金属镶嵌工艺品，其图纹精细，体现了较高的技术水平。类似的器物在二里头约出土过 5 枚、甘肃天水出土过 1 枚、四川广汉出土过 4 枚，见于著录和海外收藏的还有 10 余枚。其有圆形、长圆形、三角形等，大小 10～20厘米（图版采自《考古》1984 年第 1 期）。

图 11-6　张寨乳钉纹大方鼎

烹饪器，1974 年郑州张寨杜岭出土，二里岗时期，中国国家博物馆藏。鼎通高 100.0 厘米，口部长 62.5 厘米，宽 61.0 厘米，腹壁厚 0.4 厘米，重约 86.4 公斤。其合金成分为：铜 75.09%，锡 3.48%，铅 17.0%。二里岗时期，Cu-Sn-Pb 三元合金系已初步形成，青铜器的含锡、含铅量都有了明显的增加，尤其是含铅量。此器在铸造技术上的一个特点是：较多地使用了多范连续拼铸法，即将整个器物划分成若干个部分，分别设计、制模、制范，依次连续地逐个拼铸，每个部分间皆作榫卯式连接。20 世纪 70～90 年代，郑州先后出土的 8 件大方鼎，即张寨的 2 件、向阳食品厂的 2 件、南顺城的 4 件，皆采用了相类的工艺（图版原出自《文物》1975 年第 6 期，河南省博物馆文）。

图 11-6　张寨乳钉纹大方鼎

图 11-7　新干直刃直背尖翘首蝉纹短柄大刀

兵器，商代晚期，1989 年出土，江西省博物馆藏。通长 67.9 厘米，本宽 9 厘米，柄长 11.4 厘米，重 1.67 公斤。平背、直刃、尖翘首、短柄、薄刃、脊背加厚起棱。刀身两面的上部饰带状蝉纹 11 组，首尾相衔，隙间填以卷云纹，线条流畅，纹路清晰。短柄芯处原装有木把。此新干大铜刀是迄今所见商代晚期最长的刀。

我国古代铜刀始见于马家窑文化时期，四坝文化时期便有了一定发展。早期铜刀主要用作生产工具，大约商代中期才开始用到了兵器上；商代晚期时，铜刀形制发展到成熟的阶段，兵器用刀得到确立；在春秋战国总结出来的著名“六齐”合金规律中，便规定有刀剑的

成分；及汉，铁刀取代铜刀；直到明代为止，除了春秋战国盛行铜剑外，刀一直是我国古代步兵的基本装备之一，并一直受到世人的关爱（图版采自江西省文物考古研究所等编《新干商代大墓》彩版叁拾壹，上）。

图 11-7　新干直刃直背尖翘首蝉纹短柄大刀

图 11-8　司母戊大方鼎

烹饪器，商代晚期，1939 年安阳出土，中国国家博物馆藏。鼎通高 133 厘米、口径 110 厘米×79 厘米，底径 100 厘米×72 厘米，壁厚 4 厘米，重 875 公斤，腹壁内铸有“司母戊”铭，口沿下饰有浮雕式饕餮纹。宏大端庄，气势磅礴，这是我国古代最大的青铜鼎。商代晚期，我国古代青铜技术进入了鼎盛期，以锡为主要合金元素的 Cu-Sn-Pb 三元系在殷墟大墓青铜器中开始确立。司母戊大鼎的成分为：铜 84.77%，锡 11.64%，铅 2.79%，这与《考工记》“六齐”的规定成分已较接近。此器使用的是浑铸法，多范片造型，一次浇铸，表现了相当高的技艺。

图 11-8　司母戊大方鼎

图 11-9　四羊尊

盛酒器，1938 年湖南宁乡出土，商代晚期，中国国家博物馆藏。尊呈方形，高 58.3 厘米，口部每边长 52.4 厘米，重 34.5 公斤。尊身铸满了精细的花纹图案，尊的四壁中央各有一个凸出的龙头，肩的四隅铸有四羊，每隻羊皆长有一对卷曲的羊角。造型巧妙，铸制精细雄奇，是今见最大的商代方尊。其合金成分为：铜 76.98%，锡 21.27%，铅 0.12%。其花纹十分精细，与此成分是密切相关的。此含铅量甚低，可减少铅对人体的危害。此器造型十分复杂，已往多认为它是出蜡法铸造的，其实是用泥型分铸法浇铸成型。基本步骤是：先铸卷曲的羊角，再铸成带角的羊头，再将已铸好的整个羊头和龙头同时嵌入尊体的铸型内，浇成完整的尊体。分铸法是商周青铜器铸造的重要方法；在出蜡法推广之前，也是许多大型、复杂的青铜器铸造的基本方式（图版采自中国历史博物馆等《中国古代科技文物展》）。

图 11-9　四羊尊

图 11-10　江西铜岭木滑车

矿井提升工具，商代晚期，1989 年采集，江西省文物考古研究所藏。用大树干加工而成，滑车宽 32.0 厘米，两侧各有 5 齿，齿顶距轴孔中心 17.5 厘米，滑车与绳的接合面宽 12 厘米，滑车直径 25 厘米。轴孔大小有两种尺寸，中间的为 7.5 厘米，两侧的为 5.5 厘

米。因滑车较宽，可能是一种定滑轮。滑车两侧的齿间各开有一个径向小孔，并与轴相通，孔径 3.0 厘米×2.5 厘米，可能是用来添加润滑剂的。据^{14}C 年代测定，距今 3240±80 年。铜岭遗址是我国今见最早的大型铜矿开采场，其有露天开采、探槽开采、竖井开采、井巷联合开拓等；今已清理商代竖井 48 口、平巷 6 条。此滑车是我国今见最早的井下提升工具（图版采自《铜岭古铜矿遗址发现与研究》）。

图 11-10　江西铜岭木滑车

图 11-11　三门峡玉柄钢剑

1990 ～ 1991 年河南三门峡虢季墓（M2001）出土，西周晚期。此剑由钢质剑身、玉质剑柄、铜质柄芯组成，剑身脊部起棱，锋刃部作柳叶状。剑通长 34.2 厘米，身长 22.0 厘米，柄长 12.2 厘米，叶宽 3.8 厘米，玉柄最大直径 1.8 厘米。剑身为块铁渗碳钢锻制。与之同出的钢铁刃器还有：同一墓葬的铜内铁援戈（块炼铁），以及虢仲墓（M2009）的铜骹钢叶矛（块铁渗碳钢）。虢国墓所出钢铁器计为 3 件，皆为铜铁合制件，都是中原文化区人工冶炼的较早钢铁制品。块铁渗碳法是先秦至西汉的主要制钢工艺，东汉之后渐为炒钢法等取代。我国见于考古发掘的最早铁器是哈密焉不拉克出土的一把铁刀，距今 3240±134 年，相当于商代晚期（图版采自河南省文物考古研究所等《三门峡虢国墓》）。

图 11-11　三门峡玉柄钢剑

图 11-12 铜绿山船形木斗

重力选矿工具，1973～1974 年铜山古矿遗址出土，春秋时期，铜绿山博物馆藏。类似于船形、元宝形的木斗在铜绿山古矿遗址发现过多件。其以整木挖成，两端伸出平板，并斜向上翘，中间为一方形圆“仓”。全长 35.2 厘米，宽 14.0 厘米，高 7.0 厘米，“仓”内空长 20.0 厘米，宽 12.5 厘米，深 3.0 厘米。这是一种淘金木斗，利用岩石和矿物的比重差来洗选矿物，以便鉴定、选择和跟踪富矿。

早在商代中期，我国的铜矿采冶技术便已发展到了较高水平。江西铜岭的商代采矿遗址发现过 4 件淘沙木盘；其西周采矿遗址发现过淘沙木盘和竹盘各 1 件，此外还在 T5、T8 内发现有淘沙木溜槽、尾沙池、滤水台等；其中有跟踪富矿的淘沙盘，而木溜槽等则多用于实际生产。铜矿采、选技术的发展，从一个侧面说明了青铜技术的发展水平（图版采自《文物》1975 年第 2 期，铜绿山考古队文）。

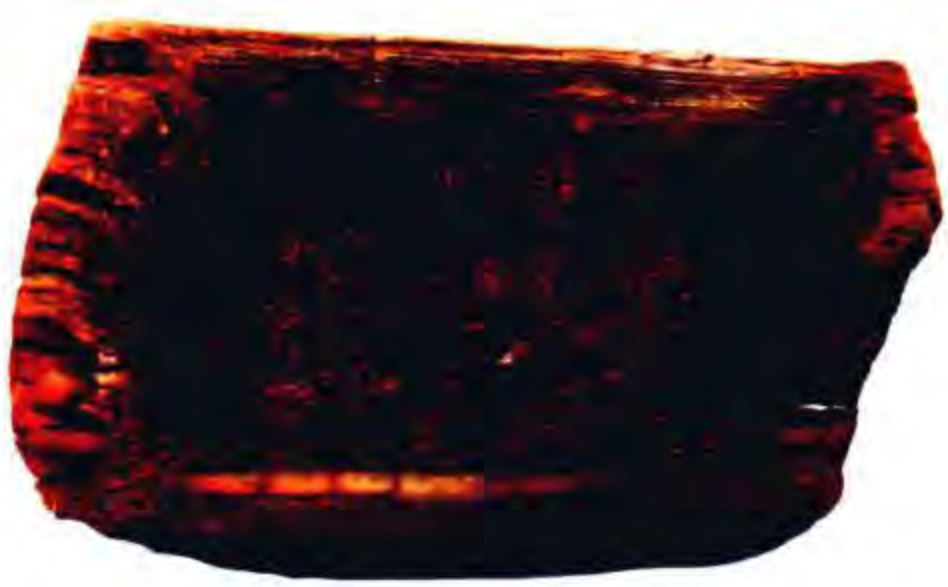


图 11-12 铜绿山船形木斗

图 11-13 长沙杨家山钢剑

图 11-13 长沙杨家山钢剑

1976 年长沙杨家山 65 号墓出土，春秋晚期，湖南省博物馆藏。剑身表面已氧化，首残，茎作柱状，中脊起棱，锋刃近尖端渐窄。通长 38.4 厘米，茎长 7.8 厘米，格长 0.9 厘米，格宽 4.6 厘米，身宽 2.0～2.6 厘米，脊厚 0.7 厘米。剑身断面上可看到锻打的层次。近尖部金相组织显示，含碳量约 0.5%左右，碳化物有些球化，夹杂甚少，约与中碳钢高温回火态相当。很可能进行过某种形式的热处理，这也是中原文化区较早的钢剑之一。今日所知，经过科学分析的我国早期钢制品至少 5 枚，此外还有三门峡西周晚期玉茎铜芯钢剑和铜骹钢叶矛、甘肃灵台春秋早期铜柄钢剑、江苏吴县春秋晚期钢铲（图版采自《文物》1978 年第 10 期）。

图 11-14　少虡剑

一种青铜复合剑。传世品，战国，故宫博物院藏。此剑全长 54 厘米，身宽 5 厘米，两侧脊部见有 20 字错金铭文："吉日壬午，乍为元用，玄鏐（正面）鋚吕，朕余名之，胃之少虡（背面）。"至今刃脊嵌合严密，色泽鲜明，光亮如新。目前我国见于著录和报道的青铜复合剑约 50 余枚，皆由两种含锡量不同的青铜嵌铸而成，刃部含锡量较高（平均约 18%），含铅量稍低，颜色泛白；脊部含锡量稍低（平均约 10%），铜、铅量之和稍高，颜色泛红泛黄。采用分铸法成型，先铸剑脊，后浇两刃，刃、脊呈榫卯状铸接，榫头呈蘑菇状。于是这种剑便获得了既刚且柔，既锋利而又不容易折断的优良性能。青铜复合剑约始见于春秋晚期，流行于战国，汉后即衰，多见于南方；它的出现，是我国古代青铜合金技术、铸造技术充分发展的一种反映，它说明人们对铅、锡两种金属，及其对铜合金机械性能的不同影响，都有了较深的认识（照片承故宫博物院提供）。

图 11-14　少虡剑

图 11-15　曾侯乙尊盘

酒器，由尊和盘两部分组成，尊置盘内。1978 年湖北随县擂鼓墩 1 号墓出土。战国早期。湖北省博物馆藏。尊高 33.1 厘米，口径 62.0 厘米，侈口长颈，圆鼓腹，高圈足，口沿附加精细繁缛的透空附饰，颈部附加 4 隻镂空豹形兽，腹部和圈足饰有镂空蟠龙纹。盘高 24.0 厘米，口径 47.3 厘米，口沿及盘耳上亦饰有多层纤细的透空附饰，四耳之间加饰透雕盘龙饰件，四足饰盘龙。尊、盘的透空变异、蟠虺纹附饰与常说的镂空纹饰是迥然不同的。如尊，其花纹盘旋重叠，彼此脱空，互不接续，完全依靠下面铜梗的支撑来维持其独立性；铜梗弯弯曲曲，表面光滑，实际上它是出蜡法的浇铸系统。整个尊、盘及其附件皆精细繁缛，工艺精湛，玲珑剔透，穷工技之巧。尊、盘是兼用了分铸法、出蜡法、焊接等多种工艺才制成的。如尊，尊体使用泥型浑铸法，其圈足上的龙体使用分铸法，尊颈的透空变异蟠虺纹附饰用出蜡法，之后再与尊体铸接为一体。这是商周青铜器中，兼用了泥型铸造、出蜡铸造、铅锡焊等工艺的青铜珍品，也是我国出蜡法铸造较早的重要例证之一（图版采自《曾侯乙墓》）。

图 11-15　曾侯乙尊盘

图 11-16　蟠螭纹带盖金鼎

又名金盏，盛食器，1978 年随县曾侯乙墓出土，战国早期，湖北省博物馆藏。金鼎高 11.0 厘米，口径 15.1 厘米，重 2.15 千克。这是我国今日所见先秦黄金器中最大的一件，也是少有的大型黄金器皿。鼎内原置有一件镂空金匕（又名金漏子），通长 13.0 厘米，重 56.4 克。

我国古代黄金技术约发明于四坝文化时期，当时一般黄金器都是锻造的；二里岗时期，黄金技术有了一定发展，并出现了铸件。至 21 世纪初为止，人类使用的黄金，基本上都是自然金，所以黄金冶炼即是提纯，而不是还原。据说刘家河金笄原系铸件，它便经过了最为简单的熔炼提纯；可以说刘家河时期，即商代前期，我国便有了黄金提取纯，或说黄金冶炼技术（图版采自《曾侯乙墓》）。

图 11-16　蟠螭纹带盖金鼎

图 11-17　叠铸泥范

1977～1978 年登封阳城战国晚期铸铁遗址出土，器藏河南省文物研究所。叠铸即在每合范内制作多个型腔，之后将多合范以横向或竖向的方式积叠起来，组合成套，使用多个或一个浇口，一次浇铸数件至数十件产品；主要用来生产车马器、钱币，及部分小生产工具。依范片积叠方式之不同，又包括卧式叠铸和立式叠铸两种。此法约发明于春秋，战国时期有了进一步发展，并一直沿袭了下来。图为阳城战国晚期叠铸带钩范，长 17.0 厘米，宽 10.0 厘米，厚 0.9 厘米，两排带钩型腔，每排 10 个，计 20 个，中间是浇口杯、鱼刺形的直浇道和内浇口。左侧有 10 个凸榫，右侧有 10 个卯眼，上下两端各两个斜梯形凸榫与卯眼。其往往两盒叠在一起浇铸。此法的优点是：批产量较大，可节省造型材料。这是我国古代泥型铸造技术的一项重要成就（图版采自河南省文物研究所《登封王城岗与阳城》）。

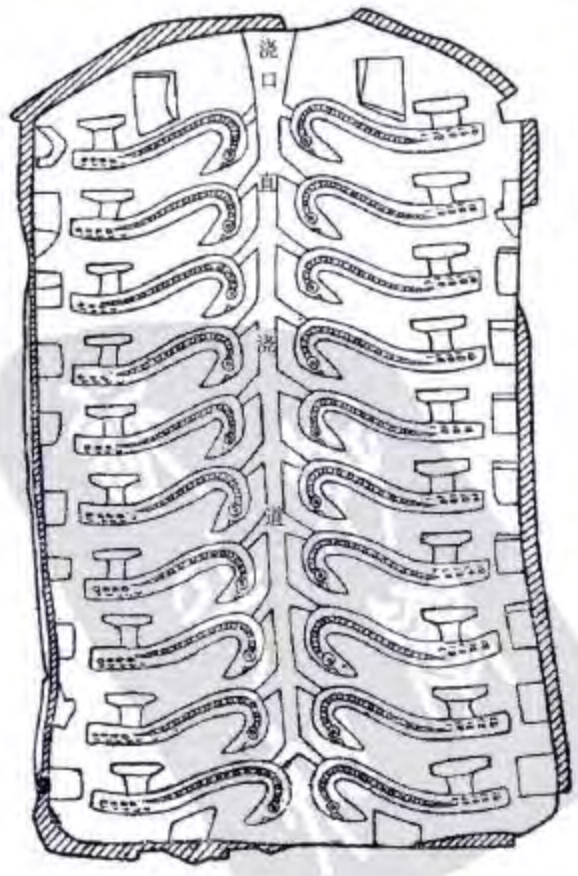


图 11-17　叠铸泥范

图 11-18　兴隆铁范

1953 年河北兴隆出土，战国，中国国家博物馆等藏。兴隆铁范总计 6 种 87 件，包括锄范、双镰范、镢范、斧范、双凿范、车具范；有外范，也有内范；其中最多的是双镢范，计 25 副 47 件（每副 2 件，其中 3 副缺外范）；其次是斧范，计 11 副 30 件（每副 3 件，其中 3 副缺内范）。其结构紧凑，壁厚均匀，范上设有加强筋和把手，基本上符合均匀散热和抵御冷热变化的强度要求。此外，类似的战国铁范目前在磁县下潘汪等地都有出土，主要用来铸造铁质的农具、手工业工具、车马器，和半成品的板材。

我国古代传统铸造技术主要有三大工艺，即泥型铸造、出蜡铸造、金型铸造；后者又包括铜范和铁范两种。铁范铸造始见于战国时期，汉魏亦有一定发展，之后便很少再用，但清龚振麟还用它铸炮。铁范铸造的主要优点是：①其铸型习誉之“永久型”，可反复使用多次，从而减少了制范工作量，提高了生产率。②因其冷却较快，铸件易于得到白口组织，有利于生铁铸件的可锻化退火处理。

(a) 铸斧铁范　　(b) 双腔铸凿铁范

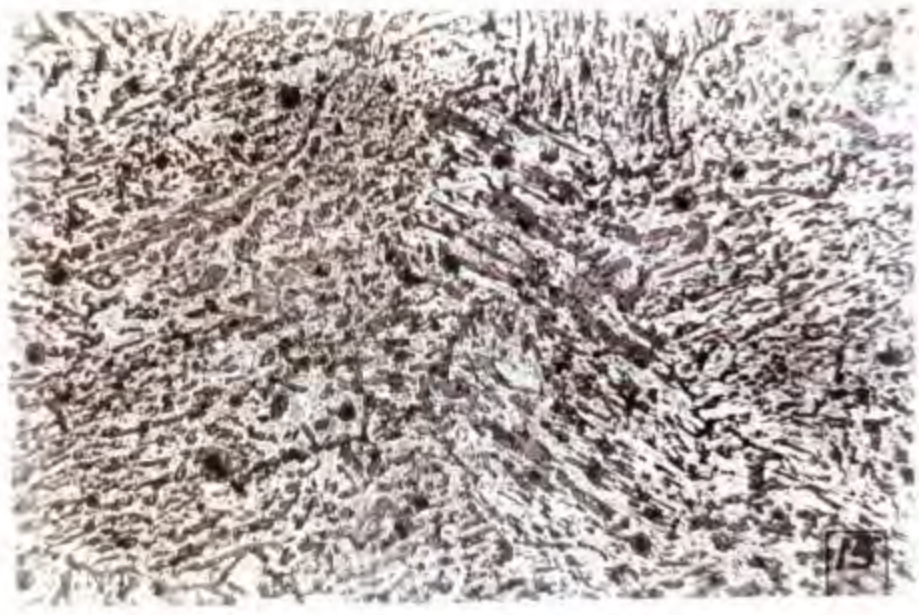
图 11-18　兴隆铁范

图 11-19　雨台山白点花纹剑

江陵雨台山楚国 M131 出土，荆州地区博物馆藏。此剑尖端部残失，残长 27.0 厘米，柄长 8.2 厘米，近格处厚 0.7 厘米；格长 1.0 厘米，宽 4.1 厘米；剑身宽约 4.3 厘米。剑身表面底色一般为青黑色，底色上分布着许多白点花纹。其合金成分为：铜 75.453%，锡 18.674%，铅 5.872%。我们分析、统计过 59 枚春秋战国青铜剑的合金成分，平均值为：铜 76.00%、锡 16.94%、铅 4.151%。可见两者基本一致。这类剑具有较高的硬度、强度和较好的杀伤力，并在较大程度上反映了我国古代青铜合金技术的先进水平。此剑曾经淬火，今见组织为回火态，整个观察面上都可看到许多晶粒间界状，以及竹叶状、羽毛状物。青铜淬火是我国古代热处理技术的一项重要成就，其目的主要是降低材料的硬脆性，提高其塑性，改善其综合机械性能。在我国古代青铜器物中，进行过淬火处理的主要是刀剑等刃

器、镜燧、锣钹等响器。此剑身部表面白点纹的含锡量较青黑色基底区稍低，白点纹区平均成分为：铜 13.154%、锡 59.414%、铅 1.724%、铁 5.138%、硅 9.539%等；青黑色基底平均成分为：铜 1.416%、锡 73.576%、铅 3.212%、铁 8.141%、硅 7.664%等。看来，这很可能是人们有意识地进行了某种物理化学处理所致的。在剑身上制作出各种各样的花纹，也是我国古代兵器技术的一项重要成就（标本承湖北省博物馆提供）。

(a) 白点花纹剑



(b) 白点花纹剑金相组织（氯化高铁盐酸水溶液腐蚀 ×300）

图 11-19　雨台山白点花纹剑

图 11-20　包山铁斧

1986～1987 年荆门地区包山二号墓出土，战国早中期，湖北省博物馆藏。斧身呈长方形，对称双面刃，长方形銎，斧长 14 厘米，刃宽 5.6 厘米，木柄长 70 厘米。石斧出现于旧石器时代，铜斧始见于齐家文化时期；铁斧始见于战国早期，战国中晚期便普遍使用起来。

图中所示为包山铁斧金相组织。銎底取样；最外层脱碳，为纯铁素体；稍里的金属基体为铁素体＋珠光体，其上分布着许多团絮状石墨；中心的金属基体为莱氏体，或莱氏体＋一次渗碳体，其上均可见部分团絮状石墨。可知此铁斧曾经可锻化退火处理，但处理得不太完善，属夹生可锻铸铁。目前经过了科学分析的最早的生铁器属春秋中期，最早的铸铁可锻化退火处理件约属春秋晚期；战国中晚期时，生铁冶技术、可锻化退火处理技术皆已推广。我国是世界上最早发明，并连续使用了生铁的国家；亦是最早发明了铸铁可锻化处理的国家，

这两大技术的发明和推广，对于战国两汉时期铁器的广泛使用，和整个社会生产的发展，都具有不可估量的意义（标本承湖北省博物馆提供）。

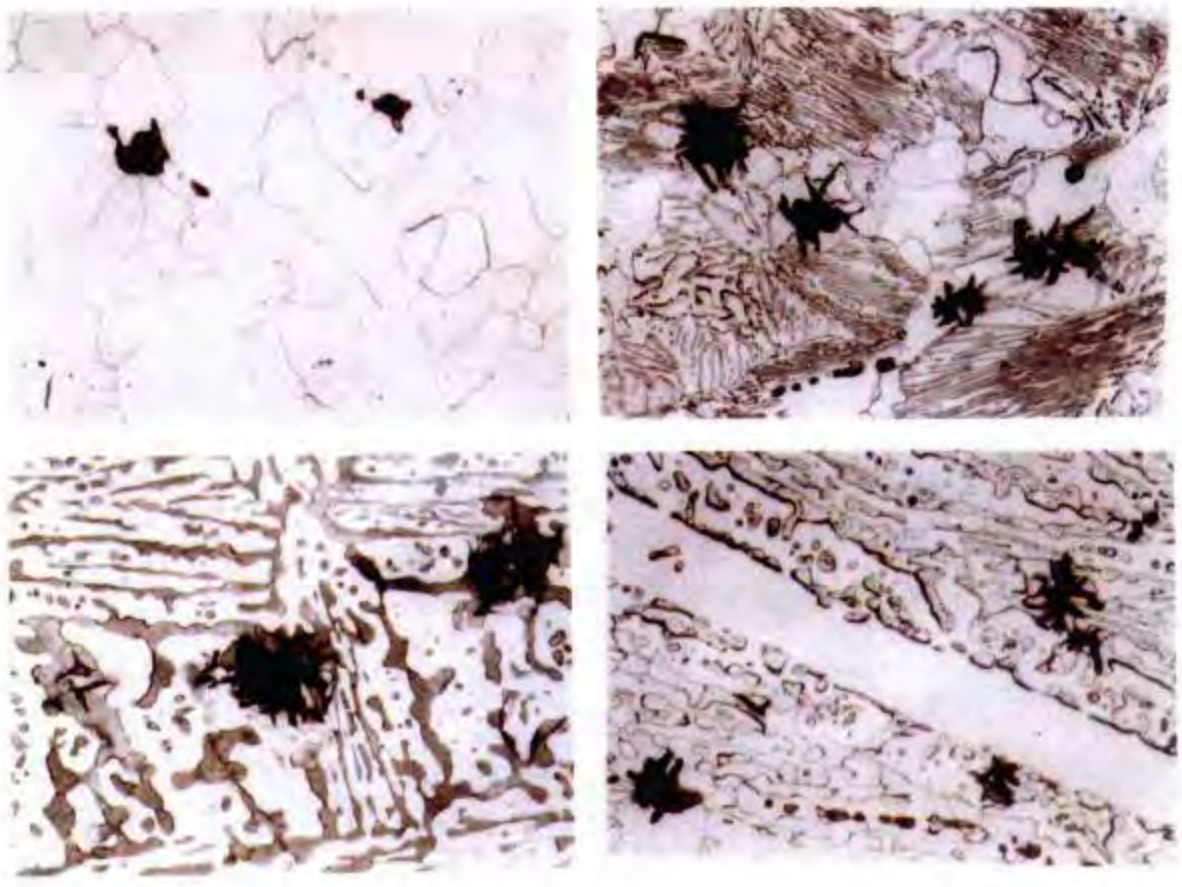


图 11-20　包山铁斧（M2：135），金相组织×320

图 11-21　铜绿山汉代采矿平巷

图 11-21　铜绿山汉代采矿平巷

位于湖北省大冶县，1973～1974年发掘，遗址南北长约 2 公里，东西宽约 1 公里，发现了大量与找矿、采矿、冶炼有关的遗物。其始采于商代晚期，直至汉代一直未曾间断。商代晚期时，便已采用了竖井、斜井、盲井相结合的联合开拓法；春秋时期，更成功地使用了竖井、斜井、平巷联合开拓的技术，并初步形成了完整的地下开采系统，较早就初步解决了井下支护、通风、排水、提升、照明等一系列复杂技术问题。战国西汉是铜绿山矿区开采的全盛期；此期竖井采用了经过精加工的方木或圆木，以作密集式垛盘支护，其可与现代木结构井架媲美；平巷断面较前世加大，距离更长，支护较为坚固；掘进在破碎带和围岩蚀变带内的巷道，便采用封闭式支架（即完全棚子），表明古人对井巷掘进中出现的地压已有了一定认识。图 11-21 中所示平巷高 1.6 米，宽 1.95 米，以圆木制成长方形框架作支护（图版采自《铜绿山——中国古代矿冶遗址》）。

图 11-22　保留至今的西汉白兔井

开采盐卤的大口井，传为西汉樊哙（？～公元前 189）时创建，位于今重庆市云阳县，1987 年调查时，井口直径 3.22 米，井壁直径 3.94 米，裸井直径 4.12 米，井深 40.05 米（井口至井底），卤水深 30.54 米（井口至卤水面）。为防坍塌，井壁内筑有固井贴板。贴板用枞木板榫接，层层垒叠而成，总体呈正八稜柱体。井口呈圆形，由 20 块梯形踩板围成。井口上方悬数个定滑轮。汲卤桶每桶盛卤水约十斤。白兔井汲卤方式与汉画像砖所绘极其相似，唯白兔井井口稍大。桶出井口后，将卤倒入身旁的楻桶中，其底与竹枧相连，通至灶房储卤桶内，用以煮盐。这是我国古代沿用至今、保存较好，且较著名的采卤大口井，其操作方式基本上保留了原有风貌。我国是世界上较早开发和利用盐卤的国家之一；最早开采和利用的卤水应是泉卤，约始于商代晚期至西周；之后才是井卤，其至迟始于战国（照片承缪自平、刘德林先生提供）。

图 11-22　保留至今的西汉白兔井

图 11-23　东汉画像砖上的盐卤开采图

砖大 34.5 厘米×45 厘米，20 世纪 50 年代以前成都市郊出土。今见四川汉代盐井画像砖至少四方，分别出土于成都西郊、成都北郊、邛崃和郫县。图像大体一致，皆为人力挖掘的大口浅井。井场坐落在山峦重叠的山区。井架为双层，每层两人，分成两组协同操作。左边一组上下两人正协力向上提升盛满了卤水的桶，右边一组上下两人则合力向下拉动绳索帮助提卤，并使空桶入井。两桶一上一下，不断将卤提出。提出的卤水在木架上层倾入盆形器中，利用自然落差，通过筧筒，盘山绕梁，然后注入灶旁的卤水缸中，再煎煮为盐。山麓上有数人负物正佝偻而行，似在做盐之外运等工作。此把大口井采盐的几个基本阶段都一一图示了出来（图版采自《四川汉代画像砖艺术》）。

图 11-23　东汉画像砖上的盐卤开采图

图 11-24　西汉银豆

盛食器，1979 年临淄窝托村出土，西汉，淄博市博物馆藏。银豆通高 11.0 厘米，口径 11.4 厘米。弧形盖，子母口，曲腹，高圈足喇叭形铜座。盖上饰有 3 个铜兽钮，与盖铆合。盖与腹部饰有拱凸花瓣形纹，盖内刻有“南朱（廚）”2 字。这是今日所见年代较早且艺术价值较高的银质器皿。我国古代用银的历史约属四坝文化时期，但相当长一个时期内，银器使用量一直较少，直到战国早期才逐渐增多起来，汉代之后又有了进一步的发展。人们最早

使用的银很可能是自然银，大约春秋晚期或战国早期，便发明了人工炼银技术。先秦时期的炼银工艺尚难了解，汉代便有了“铅炼银法”（即所谓灰吹法）的记载（图版采自《山东文物精华》）。

图 11-24　西汉银豆

图 11-25　宏道院东汉画像石中的锻铁图

画像石高 80.0 厘米，宽 144.0 厘米，具体的出土时间地点不明，1930 年山东滕县宏道院成立时从民间收集，中国国家博物馆藏。全图浅浮雕，画面有三道边栏，中以横线分为四层，第一、二、三层为西王母、鸟兽图像，略，今示出为第四层。其左段刻一锻铁制器作坊，左边立有一人，躺地一人，似在操作鼓风皮橐。其右有 4 人共操一物冶锻。再右一人双手举物，面前放置砺石，似在审视磨砺之器，其上列掛环首长刀；其右二人亦操器劳作。右段，一门亭，亭下有人躬身而立，门旁外有众人跪地，皆向右作迎拜之状。此石刻第一次图示了鼓风皮橐的形态，亦显示了环首铁刀兴起的情况。我国古代鼓风用橐始见于商代晚期，甲骨文中便有橐字。战国时期，有关橐的记载便多了起来。在相当长一个时期内，橐是我国古代冶铸鼓风的基本器具（图版采自《文物》1959 年第 1 期）。

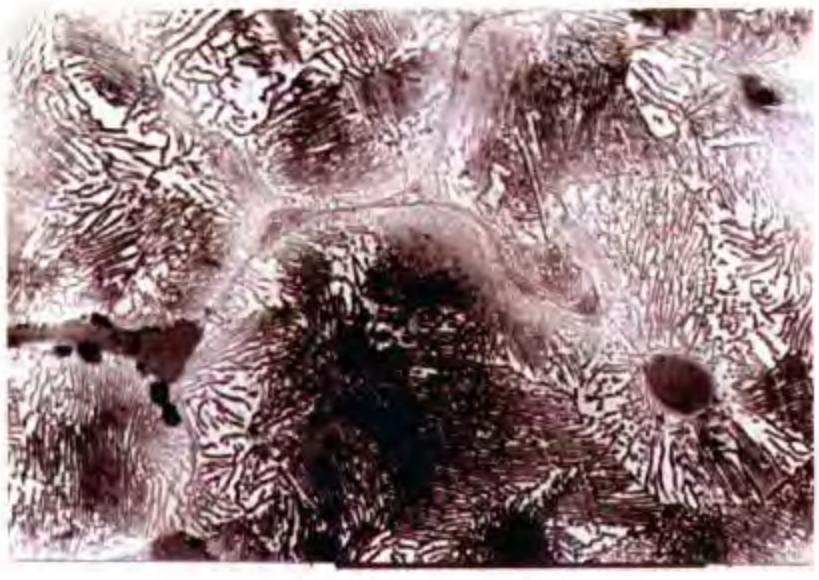
图 11-25　宏道院东汉画像石中的锻铁图

图 11-26　洛阳坩埚附着钢块及其金相组织

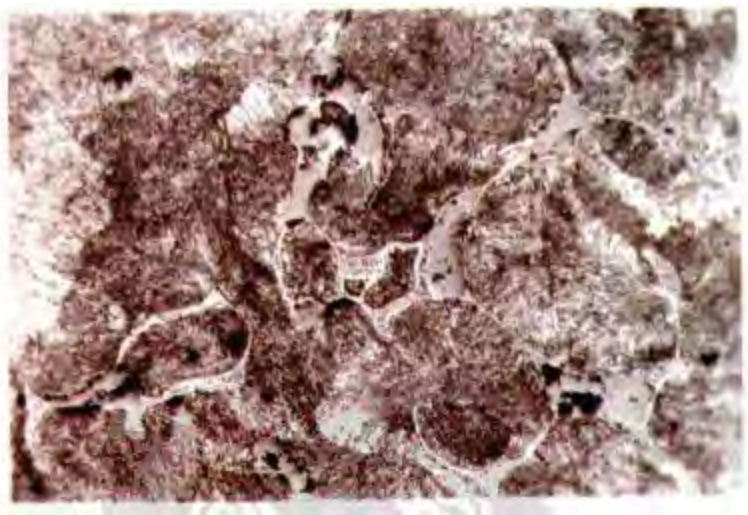
西汉中期至东汉中期。1979 年洛阳市吉利工区出土。钢块出土时附着在一个坩埚内壁，整体作戟形，表面黄褐色，有颗粒状物凸起，长 10 厘米，宽 15 厘米，厚 0.4 厘米。经化学分析，含碳量 1.21%；经扫描电镜能谱分析，含铁 98.637%，磷 0.277%，硫 0.584%，硅 0.117%，铝 0.383%。图 11-26 显示了钢水凝固前的流动形态，和钢块的组织形貌。其金属基体为珠光体，晶粒间界上分布着许多网状渗碳体、磷共晶和部分氧化物等；碳分布比较均匀。在可以分辨的组织中，基本上是等轴晶粒。珠光体呈层片状，粗细不一，无球化现象。这是我国今见最早的液态钢。冶炼工艺有待研究，不排除直接冶炼，即在冶炼坩埚铁的过程中直接得到的可能性（标本承洛阳市文物工作队提供）。

(a) 附着钢块出土时的外部形态

(b) 标本断面形态（×20）



(c) 钢块金相组织（×1000）



(d) 钢块金相组织（×500）

图 11-26　洛阳坩埚附着钢块及其金相组织

钢块曾经取样分析，其“外部形态”照片中，局部地方是后来修复的

图 11-27　中平百炼钢刀

1961 年日本奈良栎本东大寺山古墓出土，东汉。刀身细长而平直，稍稍内曲，全长 103 厘米，背厚 1.0 厘米，青铜环首，背部有金错铭文，笔法工整，刀身虽锈，却形迹可辨。全文为：“中平口[年]，五月丙午，造作支刀，百練清剛，上應星宿，[下]辟不[祥]。”“中平”

(184～189 年) 是东汉灵帝年号，此刀应是当时或稍后由中国传到日本去的。練同炼，清同青，剛同钢。这是今见资料中，最早提到“钢（剛）”这种铁碳合金的地方；也是在今见考古实物中，唯一冠以“百炼钢”三字的刀剑。我国古代标以“炼数”的制钢工艺约出现于东汉早期，之后便在我国延续了相当长一个时期；见于考古发掘和文献记载的有“卅炼”、“五十炼”、“七十二炼”、“百炼”等说。从现有研究情况看，百炼钢工艺的实质是，对一般含碳量稍高的炒钢作进一步锻打、千锤百炼。锻打的目的主要是排除夹杂、均匀成分；含碳量的增加或减少，都不是本工艺的目的。在古代，锻便是一种炼。《说文解字》云：“锻，小冶也。”百炼钢因制作艰难，劳动强度较大，金属损耗较多，主要用来制作宝刀宝剑类器物（图版采自日本《考古學雜志》，第 4 卷第 2 號，1962 年）。

图 11-27　中平百炼钢刀

图 11-28　北京东汉内向连弧纹镜（金相组织）

镜残，北京市文物研究所提供，北京市粉末冶金研究所金相分析。观察面上布满了大量的交叉针状和晶界状物；其色青灰或棕褐，并布满了整个观察面。此交叉针状物多数较短，往往较粗，亦较稀疏，此外还有一些颜色与之相同的非交叉针状物、条块状物，此物常呈层流状、羽毛状、单片状。晶界状物呈连续、不连续的环链状。有的针片状物穿透过了晶界而形成明显的魏氏组织。这针片状、环链状物皆应是 β 相淬火后（β'），再经回火转变而得到的 α 相。这些组织间布满了斑纹状、絮状物，应是回火分解得到的（α＋δ）混合相。从现有分析资料看，由战国到唐代的多数铜镜都进行过淬火处理，今见组织为回火态。铜镜淬火的目的是降低硬脆性，提高塑性和强度；这是我国古代青铜技术的一项重要成就。

图 11-29　鎏金画纹带神兽镜

1971 年湖北省鄂城县出土，六朝，鄂州市博物馆藏。直径 13.1 厘米，边厚 0.45 厘米。主纹为六神四兽，外为半圆方枚一周，方枚上各铸一字，边纹分两层，内层为龙、凤、兽、

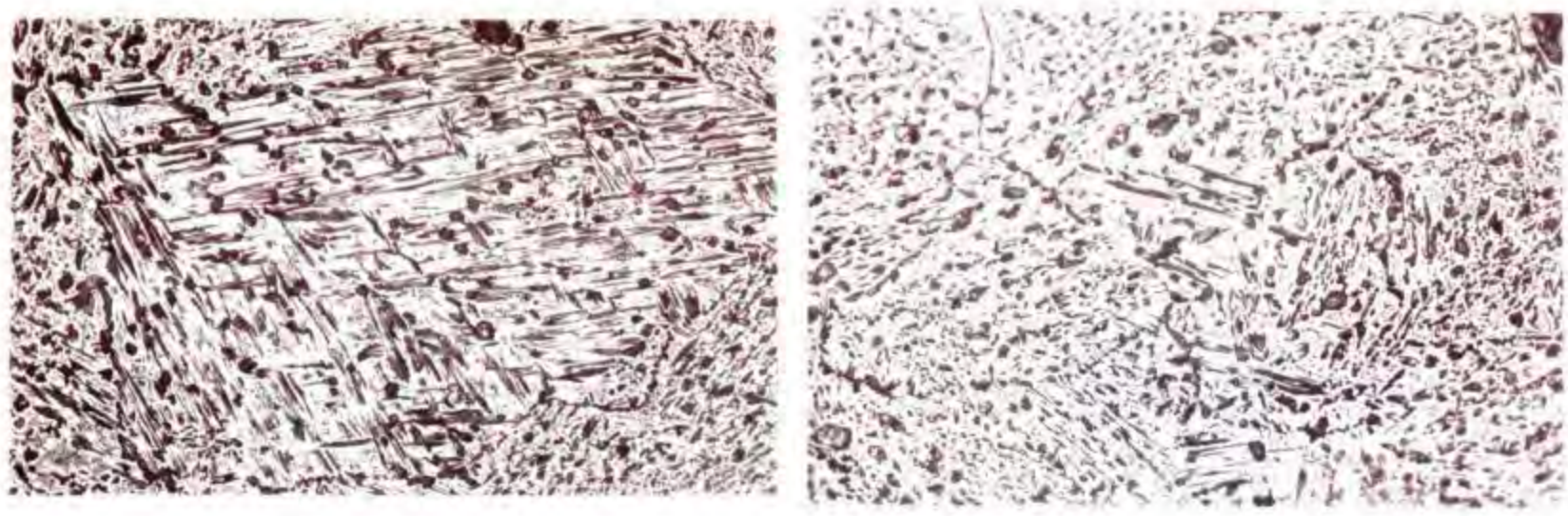


图 11-28　北京东汉内向连弧纹镜金相组织×320

羽人组成的画纹带，外层为变异云纹。钮上有金错兽纹，缘侧有“个”形金错纹饰一周，画面通体鎏金。花纹繁茂、细腻清晰，装饰华丽，是古代铜镜中的珍品。我们分析过 30 枚西汉早期至六朝时期南北铜镜的合金成分，平均值为：铜 71.74%，锡 23.20%，铅 4.77%。由战国到唐代，我国铜镜基本上皆由含锡量稍高的铅锡青铜铸成，且成分较为稳定，反映了我国古代青铜合金技术的先进水平。这种成分的优点是映照清晰、便于砥磨。在我国古代青铜器物中，成分控制较好的主要是剑、镜、锣钹三物（图版采自《鄂城汉三国六朝铜镜》）。

图 11-29　鎏金画纹带神兽镜

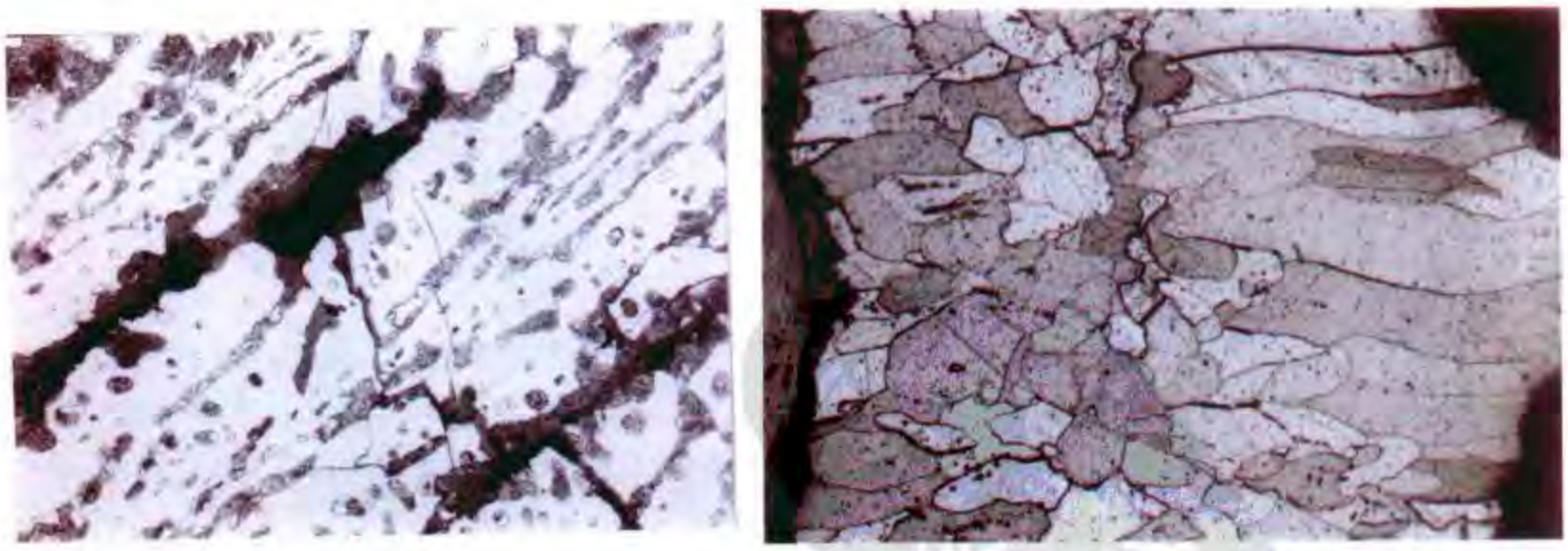
图 11-30　大业九年墓铁镜（金相组织）

洛阳龙门排灌站隋大业九年（613）墓出土。锈，残。洛阳市博物馆藏。镜径 13 厘米，锈蚀较剧，背部图纹已难分辨，今残存 3/4。扁圆钮，钮径 2.9 厘米，高 1.2 厘米；钮空心，壁厚 1.6 毫米。外缘平素而无凸起。镜体厚 2.5～3.5 毫米；缘区稍厚，内区稍薄。此铁镜铸造的特点是：镜钮与镜体分铸，先铸镜钮，后把镜钮插入镜体之铸范中制成整范，一起浇出。除战国夹层镜外，一般铜镜都是浑铸的。因钢铁冷凝时的体积收缩量较大，用空心钮，且分铸，就避免了因厚薄不均、收缩不匀而产生的不良影响。说明人们对锡青铜与钢铁冷凝时的不同收缩量，不但有了较深认识，而且采取了有效的防患措施。

此镜曾经脱碳退火处理。标本的一端，即接近外区的薄壁处皆已脱碳成了熟铁，再结晶后已成为比较规整的柱状晶，试样中心有一狭小的等轴晶带。标本中段，即渐厚处的组织分为两层，表层脱碳成了熟铁，层厚约 0.1～0.6 毫米；内层为珠光体＋铁素体，含碳量约 0.7%，最大厚度为 2.2 毫米。标本外端，即厚缘处的组织计分三层：外层完全脱碳；稍里为珠光体＋铁素体，含碳量约 0.7%，有的地方稍高；中心残有少量莱氏体组织，莱氏体区呈笋形。属夹生可锻铸铁。整个观察面上很少看到自由石墨，且无任何层流状、条块状的非金属夹杂。图 11-30（a）是莱氏体（×600）组织，属镜缘部中心，图 11-30（b）是纯铁素体柱状晶组织（×700）属镜子内区非图纹凸起部。

我国古代铁镜约发明于西汉中晚期至东汉早期，兴盛于东汉晚期至西晋，唐代仍有生产，宋后甚鲜。

我国古代铸铁可锻化退火技术在汉魏时期便发展到了较高的水平，之后随着炒钢技术的发展，和铸件在生产工具中的减少而逐渐减少；今日所见年代最晚的铸铁可锻化退火处理件是在元大都出土的（标本承洛阳市博物馆提供）。



(a) ×600　　(b) ×700

图 11-30　大业九年墓铁镜金相组织

图 11-31　沧州铁狮子

后周广顺三年（953）铸，今置河北省沧县东南旧城内。铁狮子通高 5.3 米，狮身高 3.8 米，头部高 1.5 米，通长 6.5 米，身躯宽 3.0 米，总重量 29.3 吨。昂首怒目，大口张

开，四肢作奔走状，背负巨大的莲花圆盆。铁狮头顶及项下各有“狮子王”三字，右项及牙边有“大周广顺三年铸”七字，左胁有“山东李云造”五字。此外，腹内、牙内外字迹甚多，然漫灭不全，据说是《金刚经》。这是今日所见较大的古代铁器之一。从制范到浇铸，都反映了较高的技艺。铁狮成分为：碳 4.3%，硅 0.04%，锰 0.02%，磷 0.087%，硫 0.022%，余部为铁。为灰口铁组织，基体为珠光体和铁素体。铁狮子是采用敞开式顶注法浇铸的。基本步骤是：①制作泥模型。②制外范，并将之分成若干块。③制作内范，在内范上刻出阳文经文。④合范浇铸。先组合腹部以下的外范并浇铸，不设浇口和冒口；待铁水面接近腹部时，再组合上层外范并浇铸。最后利用颈部和莲花盆的范腔作为浇口、冒口，作敞开式顶注（照片承吴坤仪先生提供）。

图 11-31　沧州铁狮子

图 11-32　《武经总要》所载“行炉”图

“行炉”是可以移动的小型化铁炉，军队用于守城。图中原注云：“行炉，熔铁汁，舁行于城上，以泼敌人。”此图的原有形貌无考，今日所见最早为明刻本。示图有些错漏，但基本结构还是清楚的。行炉旁置有一个梯形的箱状物，是即鼓风用木质风扇，其上有两个小孔，应为进风活门；拉杆计见两根，伸于箱体之外。此外还有两件较为重要的事，图上未曾示出：一是风扇与箱架间应有皮革等物构成密封的活动连接，以为收风；二是活门处当有一个活瓣，以为护风。这是我国今见最早的冶金用风扇图像。

从文献记载看，唐代便有了“行炉”一词，其文字描述与《武经总要》无大差别。早在晋代人们便将锻炼、冶炼鼓风称之为“扇”了。所以，类似于行炉所用风扇，在宋代以前便已发明。

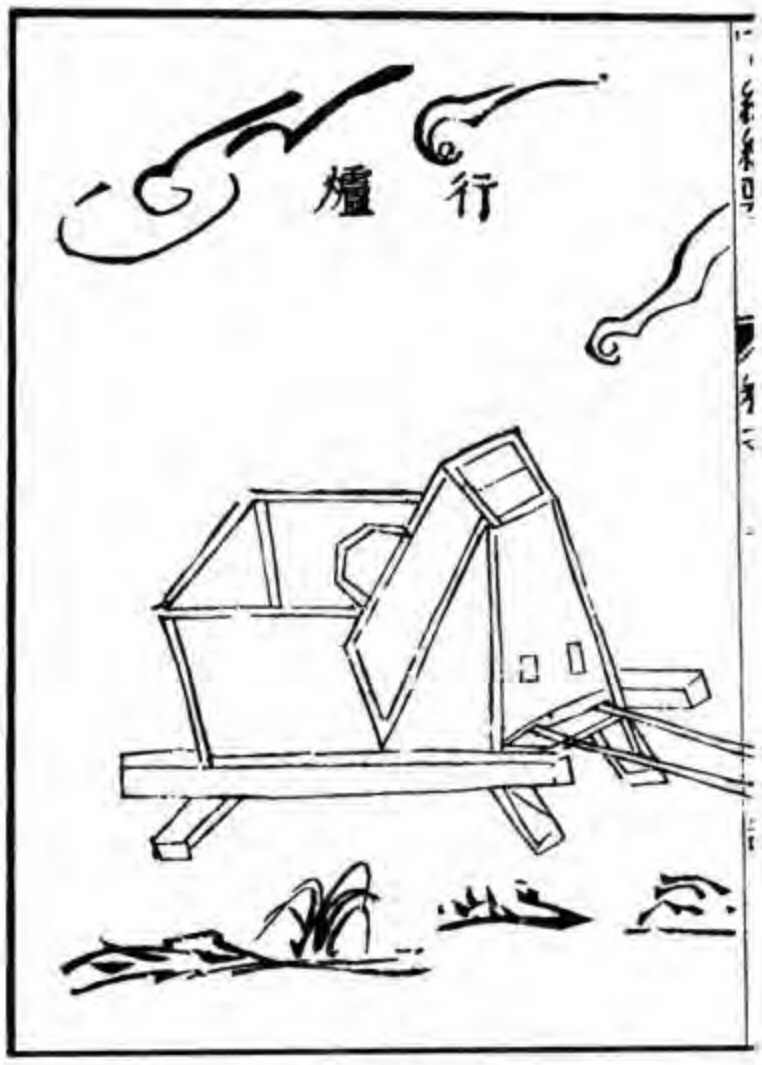


图 11-32　《武经总要》所载“行炉”图

图 11-33　敦煌榆林窟西夏（1038～1227）锻铁图

此图在榆林窟第三窟内室东壁南端千手千眼观世音法光两侧上部，左右对称，一式两幅。图中绘铁匠 3 人，一为坐式，正在推拉风扇，扇板启闭，牵动活瓣启闭便可起到鼓风作用。一人左手握住火钳，挟坯件置于钻上，右手举锤；一人双手抡锤准备锻打。这是今见图片资料中较早的活瓣式风扇之一（图版采自白金波等《西夏文物》）。

图 11-34　元王祯《农书》所载水排图

水排是一种以水力推动的鼓风机械。王祯《农书》所载水排有卧轮式和立式两种，前者主动轮的轮辐平面呈水平状，后者主动轮的轮辐平面是竖立的，这是我国古代有关水排的最早图示，原图并附较为详细的文字说明。但有一点值得注意的是：所绘稍有遗漏，如扇板和扇框的起闭离合处应装有皮革类柔性连缀物，扇板上应留有进气活瓣，否则是不得收风的。水排至迟发明于东汉初年，它不但节省了人力，同时提高了鼓风量，从而有利于提高炉温，这是我国古代一项重要科技成果。在欧洲，类似的机械是公元 14 世纪才出现的。

图 11-33　敦煌榆林窟西夏（1038～1227）锻铁图

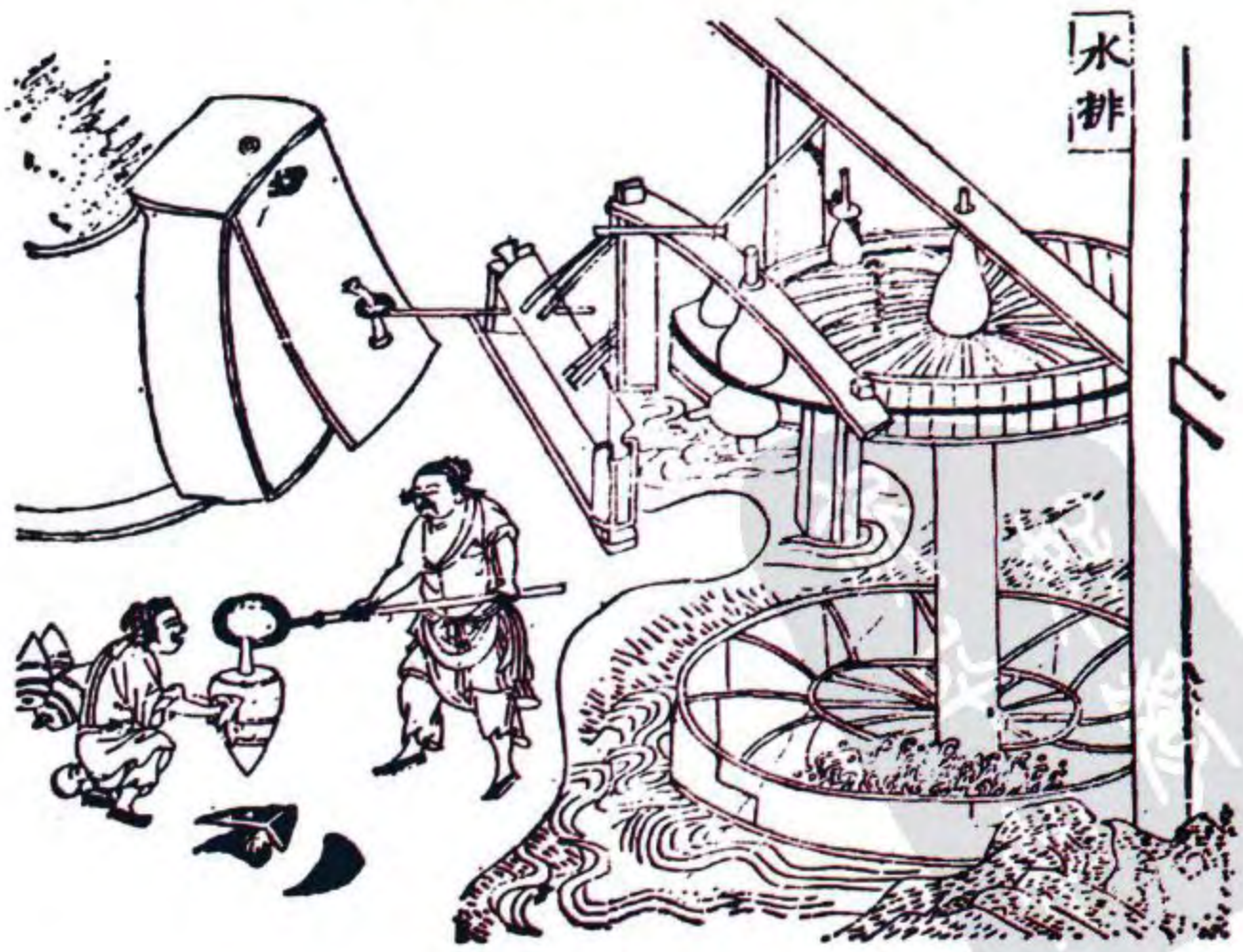


图 11-34　王祯《农书》所载水排图

图 11-35　明《天工开物》所载“煤炭烧砖窑”图

此图示出了明代煤炭烧砖窑的部分工作场面，图上方所题即“煤炭烧砖窑”。我国古代采煤技术约发明于仰韶文化时期，先秦文献就有了关于煤（时称“石涅”）的记载，汉代便把煤炭用到了坩埚冶炼等手工业中，宋代之后，生活用煤和手工业用煤都有了较大发展；但关于采煤、用煤的示图和稍见详明的文字记载却是到了明代才看到的。

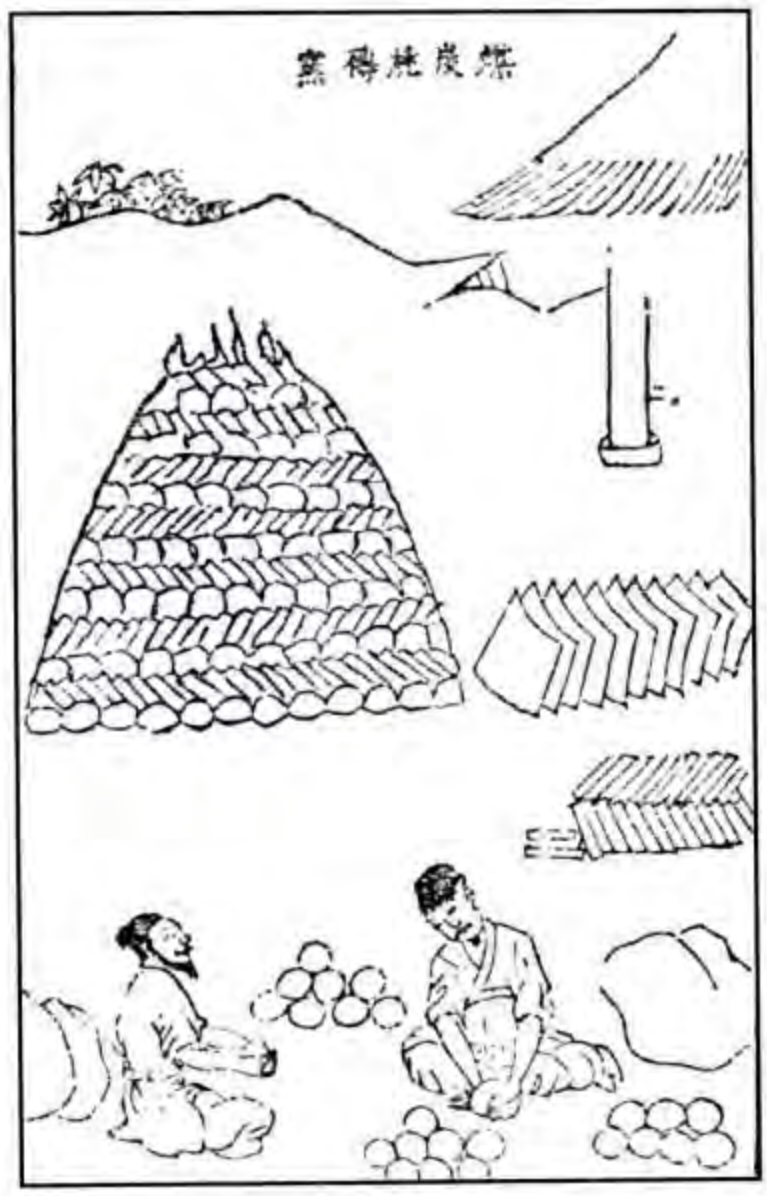


图 11-35　明《天工开物》所载“煤炭烧砖窑”图

图 11-36　明《天工开物》所载“琢玉”图

此图示出了琢玉机的基本形态和工作状况。其工作机件主要是解玉盘，此盘贯于横轴上，横轴的两端支在轴承上。备有绳索（或皮条）两条，每条的一端皆钉于解玉盘两侧的横轴上，并逆向绕轴数周；另一端皆固定在踏板上。当匠师用两脚轮流不断地驱动两块踏板时，便带动解玉盘往复转动。匠师手执玉朴，再在解玉盘上分解、琢磨。一般认为，我国古代的琢玉砣机约可上推至新石器时代，但有关记载和示图却是到了明代在《天工开物》中才看到的。

图 11-36　明《天工开物》所载“琢玉”图

图 11-37　《天工开物》所载“生熟炼铁炉”图

此图包括两部分：一是生铁冶炼炉，其操作并无特殊处；二是“熟铁”炒炼炉，其与生铁炼炉是串联使用的，生铁出炉后直接流入方塘，做氧化脱碳冶炼，省去了再加热的工序，从而提高了生产率。我国古代生铁技术约发明于春秋中期，炒“铁”技术约发明于西汉时期，但有关示图和较为详明的专门记载，却是到了明代才在《天工开物》中看到的。生铁的主要优点是：还原冶炼在高温下进行，生产率较高；产品为液态，便于铸造成型。炒“铁”法的主要优点是：冶炼在半液态下进行，脱碳较为迅速，生产率较高，产品成分亦可适当控制，从而极大地扩展了钢铁器物的使用范围。这是我国古代可锻铁生产的基本工艺。生铁技术和炒“铁”技术的发明，最大限度地满足了我国古代社会对钢铁的需要，对我国古代社会经济的发展，具有不可估量的意义。欧洲生铁出现于公元十四世纪，以生铁为原料的“氧化精炼”法则是到了 15 世纪中期才发明出来的。

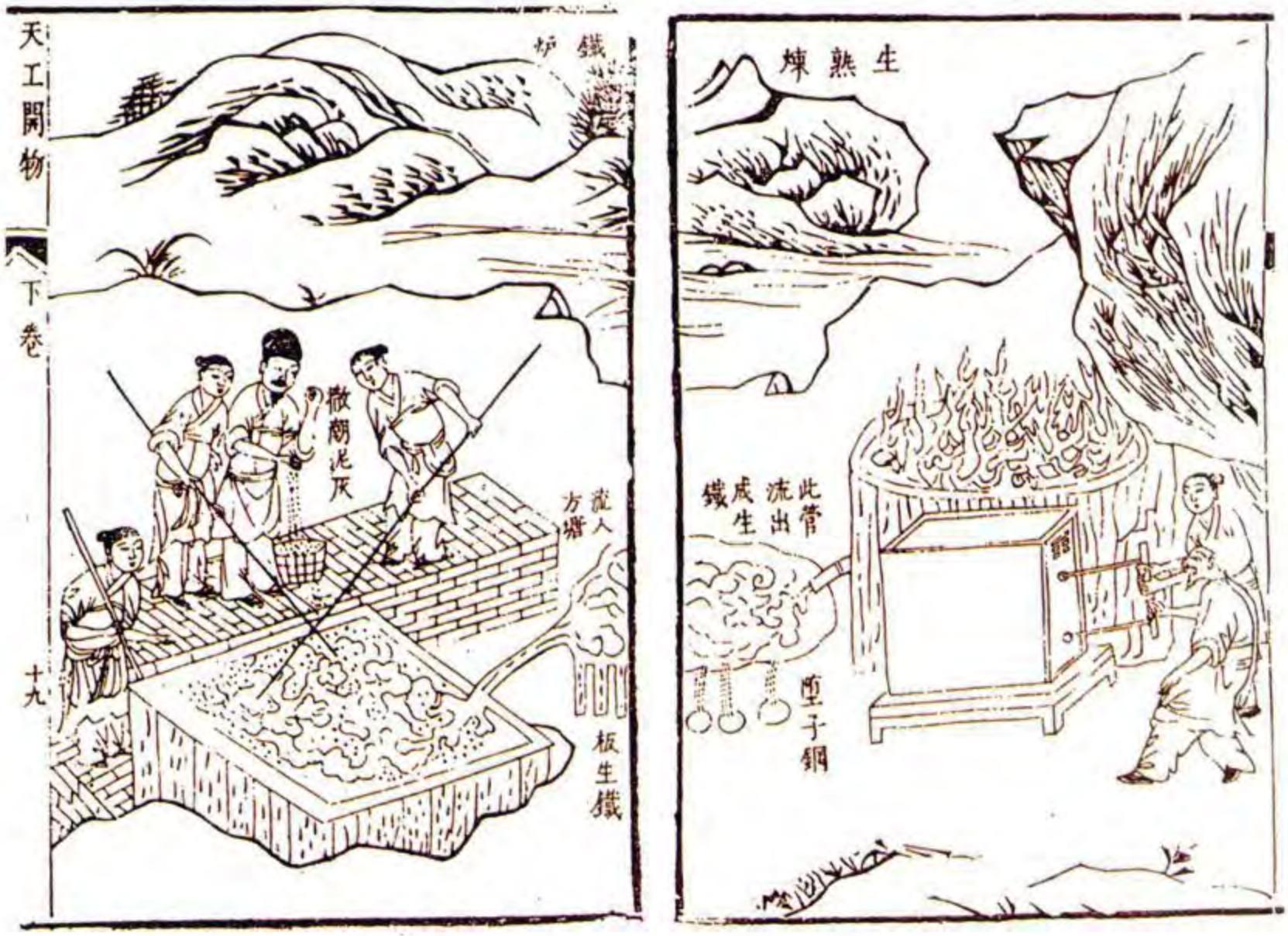


图 11-37　《天工开物》所载“生熟炼铁炉”图

图 11-38　《天工开物》所载“炼锡炉”图

此图主要显示了“点铅钩锡”这一种重要工序。从《天工开物》的记载看，其炼锡过程主要分两步：①还原出金属锡，并用铅少许制成低熔点的铅锡合金，“点铅钩锡”便显示了后一过程。此外还要用少量“炒锡剩灰”造渣，以更好地使金属与其他杂质分离。②醋淬去铅。即在高温下使铅与醋作用，生成醋酸铅 $Pb(CH_3COO)_2$，而达到铅、锡分离的目的。我国古代的炼锡技术约发明于二里头至二里岗时期，其早期冶炼技术今已难得了解。尽管锡在我国古代青铜技术中起到过十分重要的作用，但因其易于还原，故有关炼锡技术的记载却是到了明代才在《天工开物》中看到的。

图 11-39　《天工开物》所载“升炼倭铅”图

“倭铅”是我国对金属锌的一种传统称谓。“升炼倭铅”即蒸馏法炼锌。操作要点是：将炉甘石与还原剂（煤粉）和匀后装入泥罐内，后入加热炉中蒸馏，还原出来的锌呈气态逸出，在罐口处冷凝并收集起来。我国古代接触和利用锌的历史大体上可分为三个阶段：①利用铜锌共生矿冶炼原始黄铜，主要见于仰韶—龙山文化时期。②利用炉甘石人工点化黄铜，

有关记载至迟始见于五代。③冶炼出单质金属锌，并以之配制黄铜，这至迟始于明代中期。《天工开物》最早图示、并记述了我国古代的炼锌工艺。

图 11-38 《天工开物》所载“炼锡炉”图

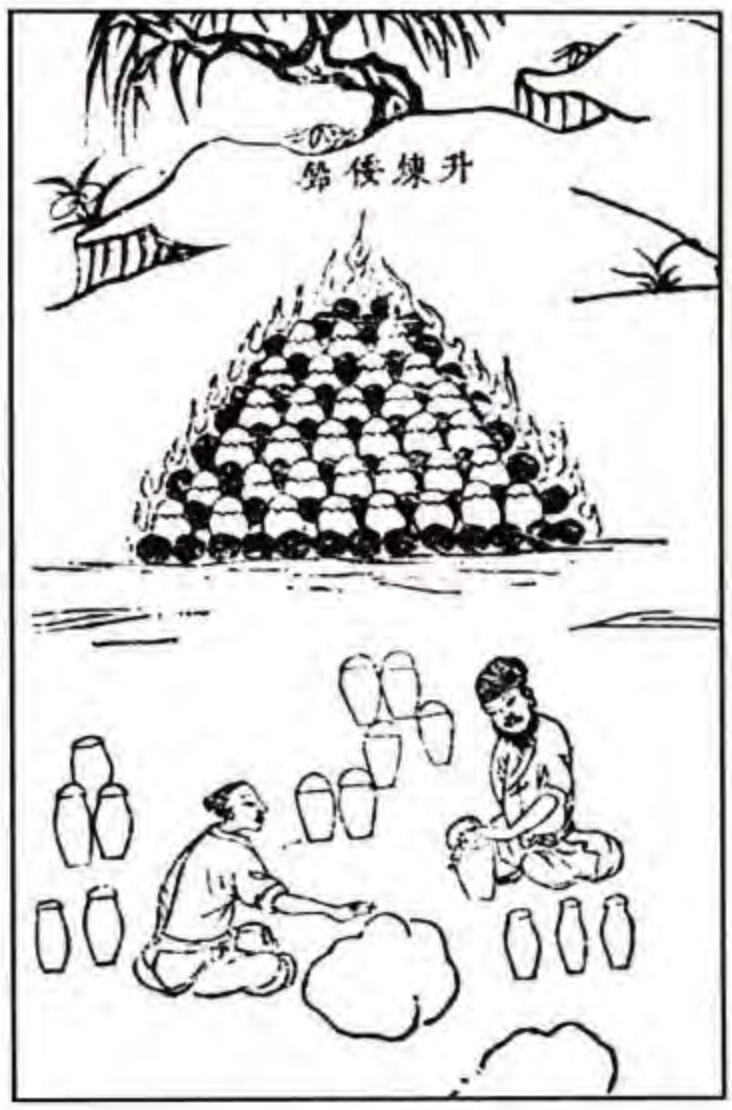


图 11-39 《天工开物》所载“升炼倭铅”图

图 11-40 《天工开物》所载“铸千斤钟与仙佛像图”

《天工开物》卷八“鼎”、“钟”两条计有 5 幅图，显示了三项较为重要的内容：①出蜡法铸钟时，在油蜡模上雕镂文字、物象的过程。②冶铸用活塞式鼓风器，即风箱的外部形态。③以小炉铸大器的方法。本图和“铸鼎”图所示为后两项内容。我国古代出蜡法铸造约发明于战国早期，有关工艺操作较为详明的记载在宋代便已看到，明《天工开物》不但更为详细地介绍了其工艺过程，而且将之图示了出来。

我国古代冶铸用鼓风器至少有三种类型：①橐。至迟发明于商。②活瓣式风扇。发明期不详，明确记载始见于宋。③活塞式风箱。约发明于宋，但较为确切的示图却是到了明代才在《天工开物》中看到的。

古代熔铸炉一般都较小，但却铸造了许多大件器物。《天工开物》一书第一次用文字和示图说明了这一铸造的操作过程：凡铸万钧大钟，皆须四面筑炉，四面泥作槽道，其上口承接炉中，下口以就钟鼎入铜孔。洪炉熔化时，决开槽梗，一齐如水横流，倾而铸之，钟鼎成矣。

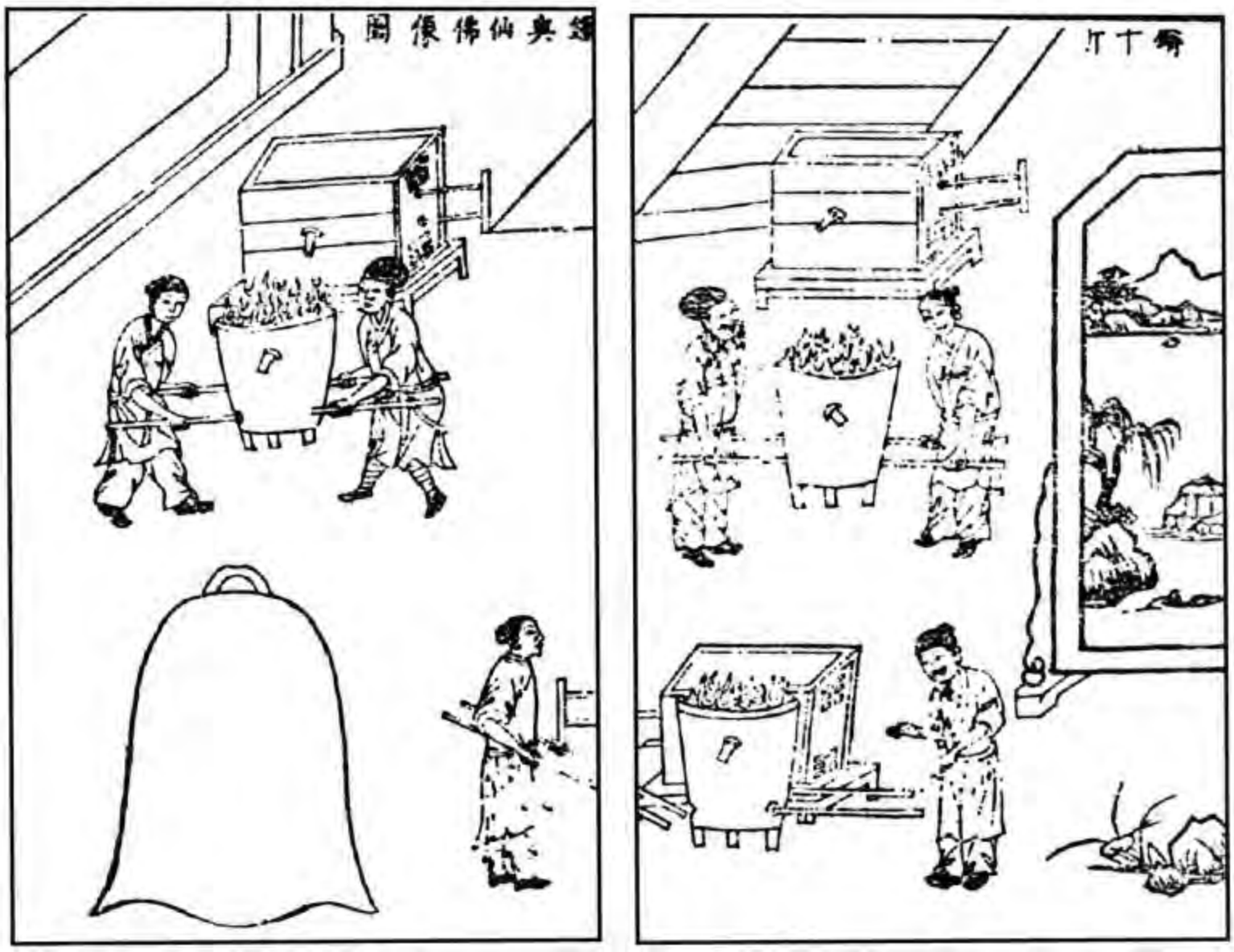


图 11-40　《天工开物》所载“铸千斤钟与仙佛像图”

图 11-41　永乐大钟

明永乐年间铸成，朝钟，今置北京大钟寺（觉生寺）内。钟全高 6.75 米，口外径 3.3 米，内径 2.9 米，底边平均厚度 22 厘米，总重量 46.5 吨；钟的内外两壁布满了 17 种经咒，外壁如《弥陀经》、《十二因缘经》，内壁如《妙法莲华经》等，铭文计 20 多万字。我国古代之钟约有三种类型，即乐钟、朝钟、梵钟。永乐大钟属于朝钟，亦具有梵钟的一些特性。这是世界上能够使用的最大的钟。此钟成分为：铜 80.54%，锡 16.4%，铅 1.12%。可知其含锡量稍高，含铅量较低，声音便清脆悠扬；这与《考工记》“六齐”规定成分（14.29%）相差不大，与现代技术原理基本相符。此钟采用地坑造型，用陶范浇铸；钟体是整体浇铸的，蒲牢（钟钮）分铸。从合金成分选择，到铸造技术，都表现了相当高的技艺（图版采自《北京文物精粹大系·古钟卷》）。

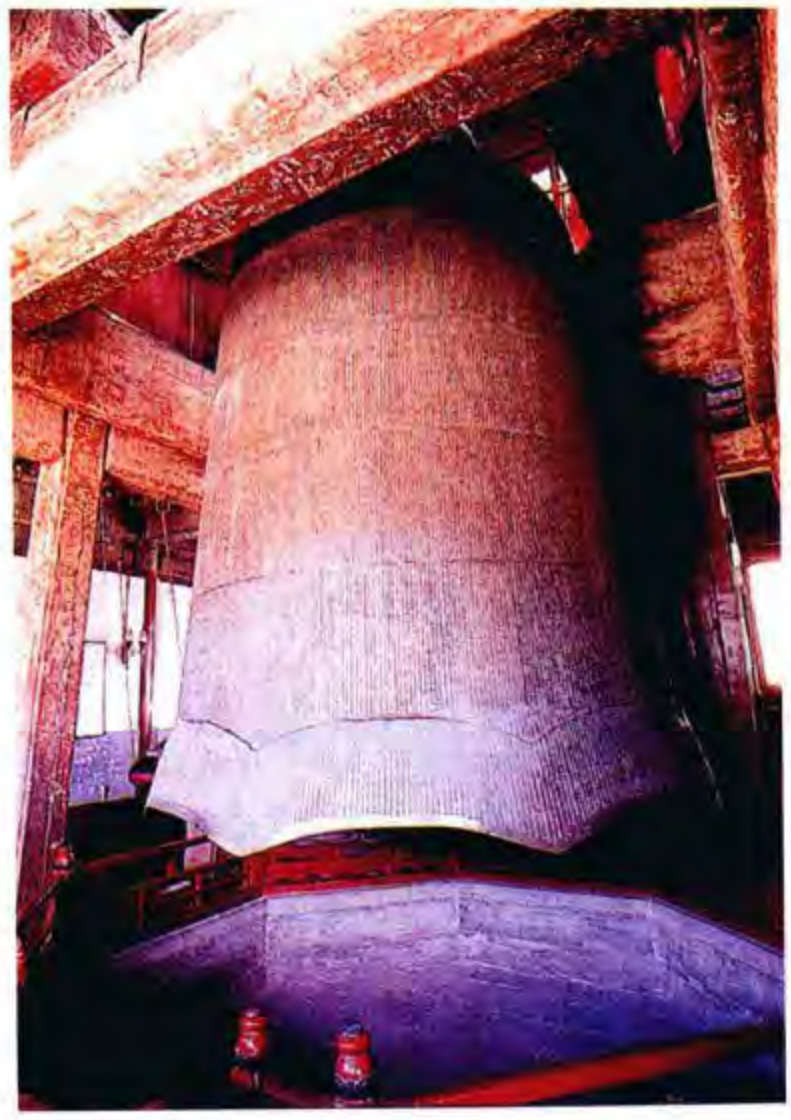


图 11-41　永乐大钟

图 11-42　明“宣德”年款炉

祭祀用器。明宣德三年（1428）圣谕，由工部制作；原是一批鼎彝器的总称，其种类包括鼎、鬲、甗、簋等。图示之器名朝天耳三足大乳“宣德”年款炉，高 12.2 厘米，重 1.139 公斤，台北故宫博物院藏。宣德炉今犹存世者已如凤毛麟角，稀世之珍。宣德炉是以黄铜为基本原料，经过反精炼，用出蜡法铸造的，其表面曾经特殊物理化学处理。从合金成分选择，到铸造和表面处理技术，都表现了相当高的技艺；尤其是它的仿古诸色，“宝色内涵，珠光外现”，数百年来，一直受到世人推崇；这是汉后铜器技艺的又一杰出成就（图版采自台北《故宫文物月刊》，第三卷第八期，1985 年，张光远先生文）。

图 11-43　《天工开物》所载“锤锚图”

铁锚，即泊舟系定之物。炉锤之中，此物最巨，故这是一幅分段锻制大型锻件的工艺图。基本操作是：“先成四爪，以次逐节接身。其三百斤以内者，用径尺阔砧”；“千斤内外者，则架木为棚，多人立其上，共持铁链，两接锚身，其末皆带巨铁圈链套，提起捩转，咸力捶合”。锻造过程中，用筛细的陈久壁土做保护性熔剂和造渣剂熔剂。

我国古代行船用锚，始为石质，后为铁质。北宋《清明上河图》曾绘有铁锚，今见最早的铁锚实物属于金代。在我国古代文献中，《天工开物》最先图示并用文字说明了锻制铁锚的基本过程。

图 11-42　明“宣德”年款炉

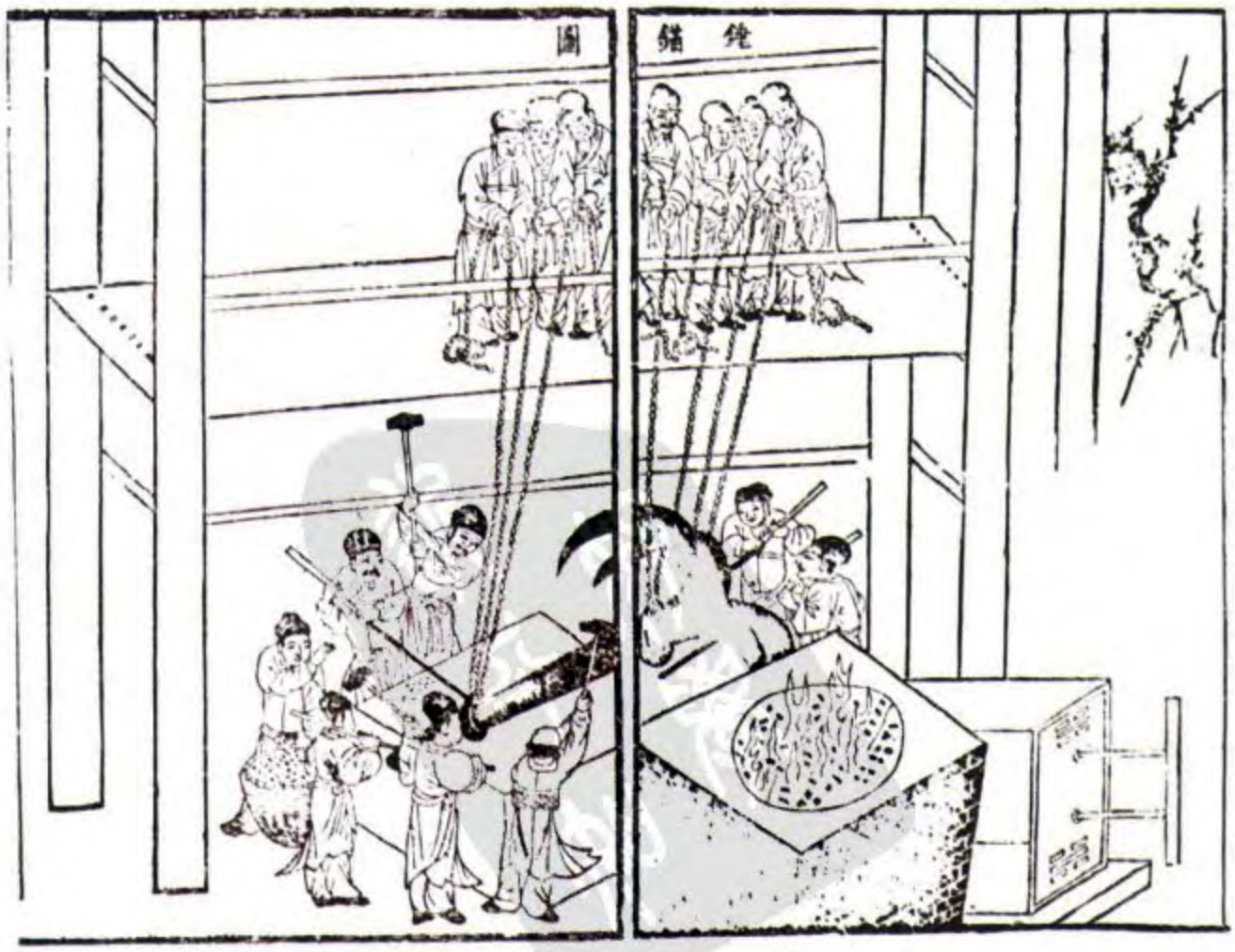


图 11-43　《天工开物》所载“锤锚图”

图 11-44 《天工开物》所载“抽线琢针图”

这是一幅拉拔铁丝制作钢针的工艺图，并附有详细的文字说明。工艺要点是：①使细铁条穿过线眼（模具），拉拔成铁丝，并敲成针的雏形。②入釜慢火炒熬，作消除应力退火。③在釜中以土末入松木火矢、豆豉为渗碳剂，作渗碳处理。④入水淬火。我国古代钢铁拉拔约发明于宋，渗碳技术则发明于西周晚期，但有关示图和较为详细的说明则都是在《天工开物》中才看到的。

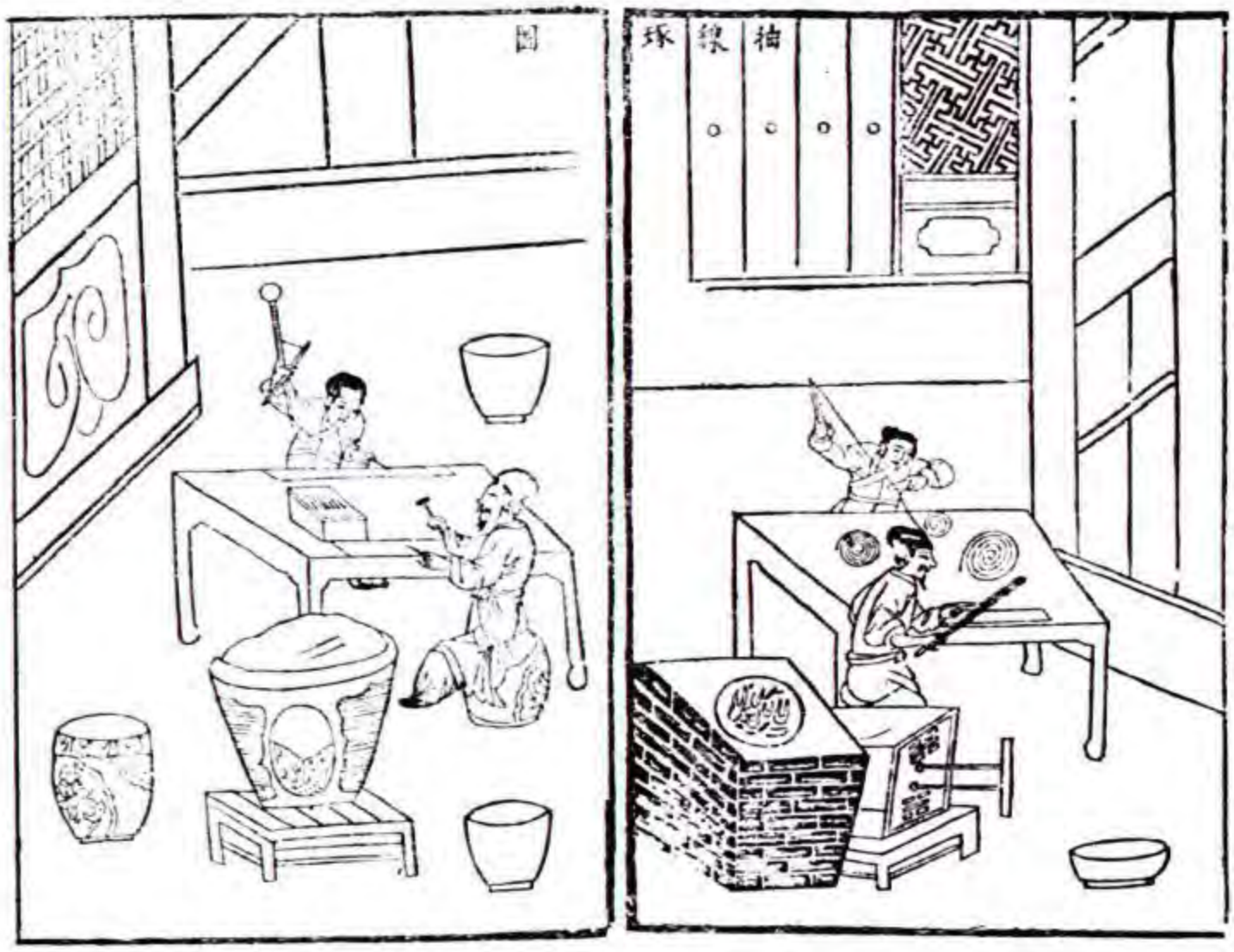


图 11-44 《天工开物》所载“抽线琢针图”

图 11-45 《天工开物》所载“锤钲与镯图”

这是关于锣等响器的锻造图，并附有文字说明。依原说明，若制锣，则将铜料加热后即可锻造；若制镯与丁宁，则先铸成圆坯再锻打。锻打前，皆须先将铜块铺于地面，再众人挥锤，由小逐渐阔开，并使其周起弦边。铜镯的中间要打出一个凸起的圆泡，之后用冷锤定音。声音分雌雄，关键是铜泡的厚薄与深浅。响铜成分为：红铜八斤，入广锡二斤，不得杂铅入内。这与现代技术原理基本相符。有一点值得注意的是：不管是示图还是文字说明，都遗漏了淬火工艺。从考古实物的科学分析看，我国古代锻制的青铜响器始见于宋，但有关响器成分控制和锻打技术的记载和示图，却始见于《天工开物》。

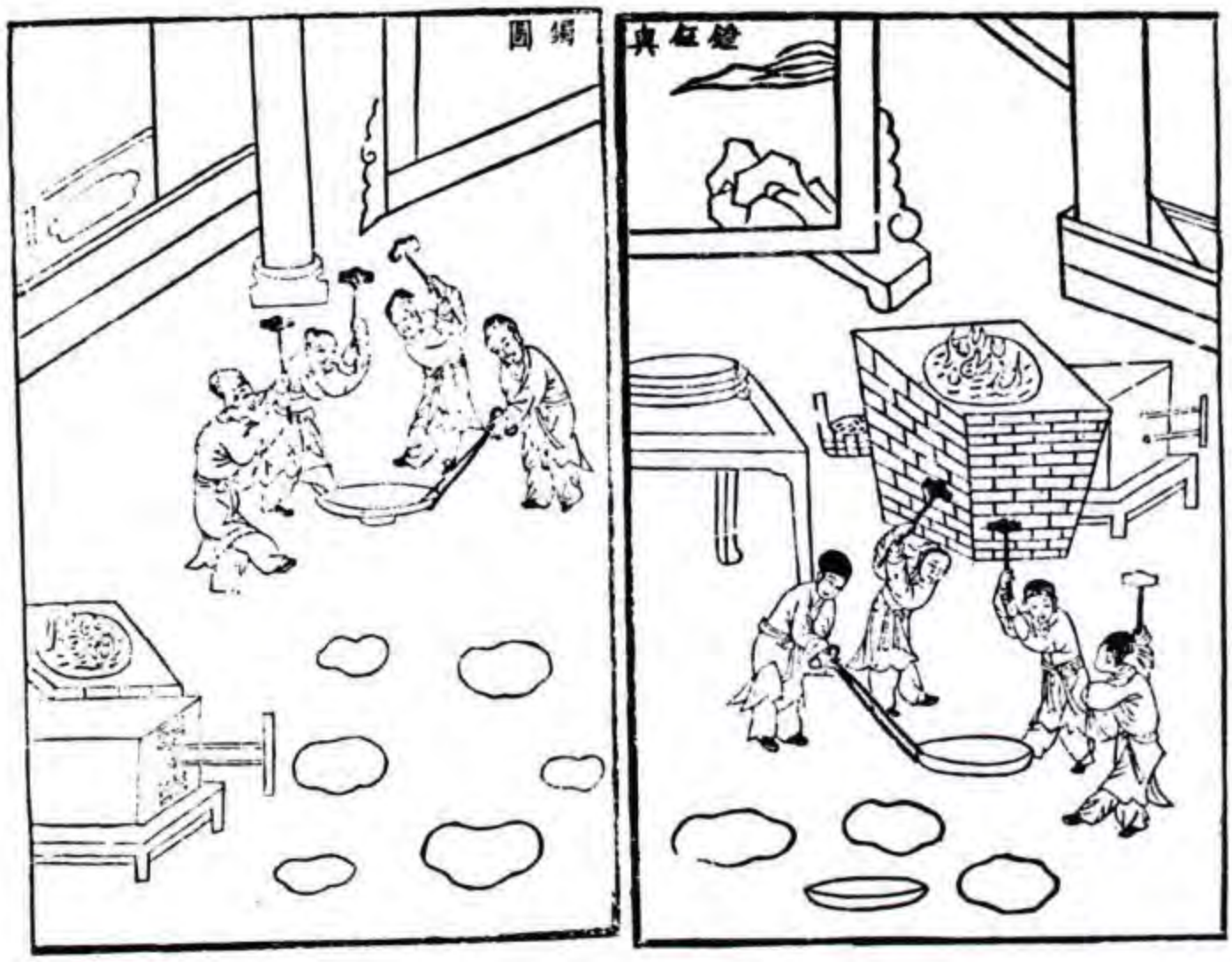


图 11-45　《天工开物》所载“锤钲与镯图”

图 11-46　清《四川盐法志》所载转槽子

图 11-46　清《四川盐法志》所载转槽子

这是井盐开采时连接于凿井工具上部的连接具，由明代撞子钎发展演变而来。吴鼎立《自流井风物名实说》载：其状类如铁挺，“长四五尺，上大下细，底包一铁壳，系活动之物，名‘鸡蛋壳’。入锉之把手中以试‘蛋门’，方知锉曾否拢底”。其主要作用有二：①显示锉的工作状态。当篾的长短适中时，钻头下冲，接触到井底岩石后便会骤然停止，但此时转槽子却仍在继续下行，并与锉相碰而发出强有力的声音；依此声音，便可判定钻头已达井底。②震击，以解除卡锉的作用。凿井过程中，若锉头或锉杆被卡在井内，便可通过强烈振动，使锉头或锉杆从岩石中松脱。

除转槽子外，清代井盐开采使用的连接工具还有挺子等，皆具有垂吊、扶正、指示、震击、探测、解卡、信息反馈等作用。这些都是我国古代劳动人民的杰出创造，在世界钻井史上占有重要的地位。

图 11-47 清《四川盐法志》所载“锉大口图”

锉大口是凿井的一个重要工序，基本操作是用人力蹬踩碓板子，以带动锉头一上一下地冲击井底、破碎岩石，使井逐渐加深。凿到一定深度后，便推起锉头，换泥筒入井扇泥。至迟明代，我国井盐开采便形成了一套较为规范的工艺程序，清代之后，便更为完善和严格。这些程序大致是：(1) 定井位；(2) 开井口、下石圈；(3) 凿大口；(4) 下木柱；(5) 凿小眼。

我国古代盐卤开采约经历了四个不同的阶段：(1) 发现和利用地面露头卤时期。商周或更早。(2) 人力挖掘大口井时期，周代至北宋中期。(3) 采用冲击式顿凿法的卓筒井时期，由北宋中期至清代中期。(4) 小口深井期，清代中期以后。清代晚期，我国深井技术发展到当时世界最高水平。严如煜《三省边防备览》载：当时犍为、富顺的盐井深达三四百丈，折合今制则为 1000～1400 米；一些国外资料说，道光十五年 (1835) 时，燊海井深达 1001.42 米。

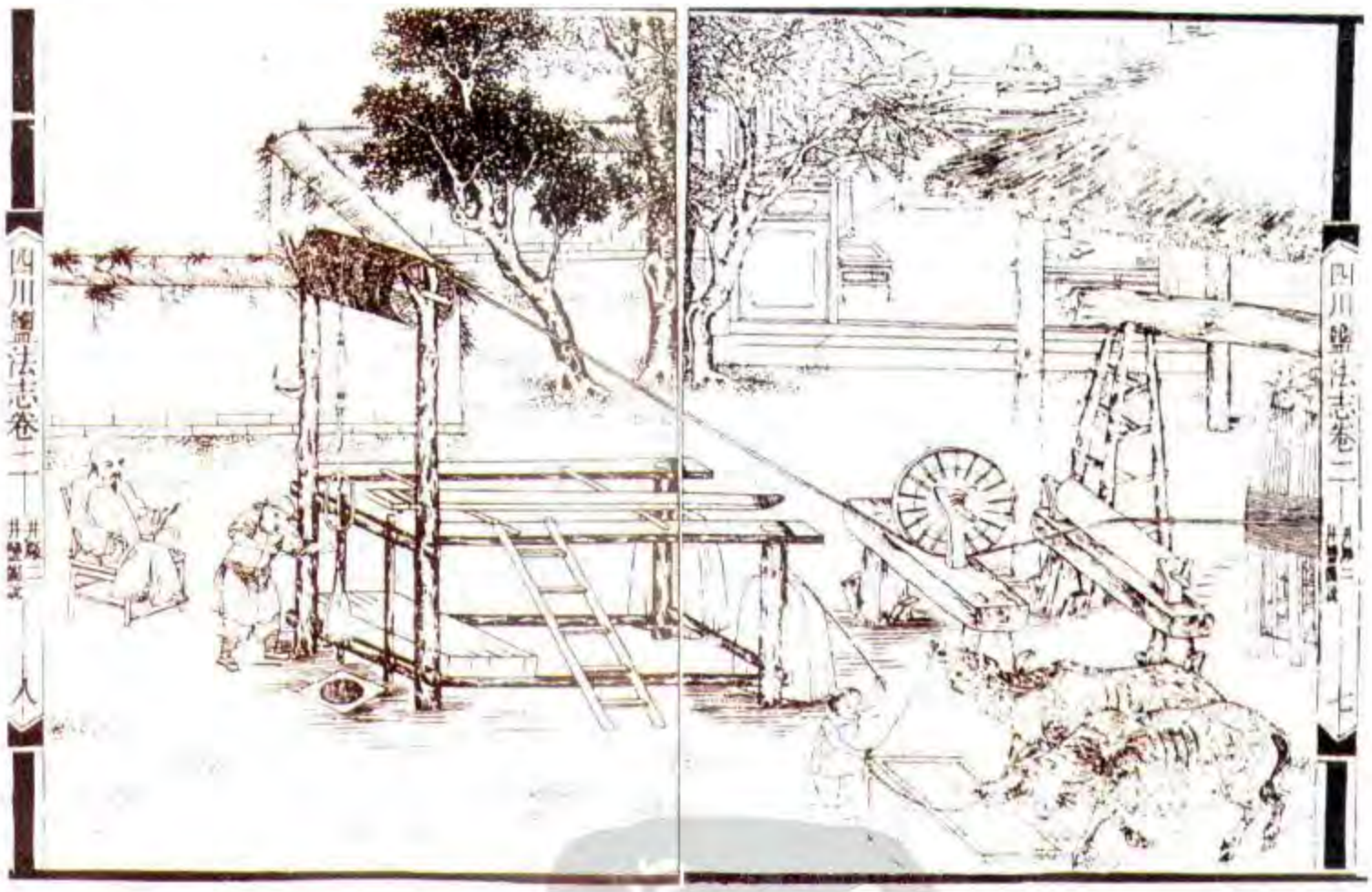


图 11-47 清《四川盐法志》所载“锉大口图”

图 11-48 清《四川盐法志》所载“井火煮盐图”

这是一幅天然气煮盐图。我国古代关于天然气的记载约始于汉，至迟西晋时期，人们便把它用到了日常生活和煮盐生产中；及明，就出现了总管和分管引气，一井可供十余锅煮盐的技术；及清，又发明了一种名为窨盆的低压采气装置，使天然气的开采和利用技术，发展到了一个新的阶段。

这种窨盆采气煮盐装置的要点是：火井初成之后，上用虚底木桶罩住。桶底上引出一条

或多条导气管；若为一条时，就再引出多条分管。有的一井可供二、三百锅，次者七、八十锅。这种窟盆采气十分科学，它既可测量气之大小，分离天然气和卤水，亦可调节空气与天然气的配比，和防止爆炸事故，某些功能甚至是可与近代采气装置媲美的。窟盆采气的发明，是我国古代采气工人的一项杰出创造。

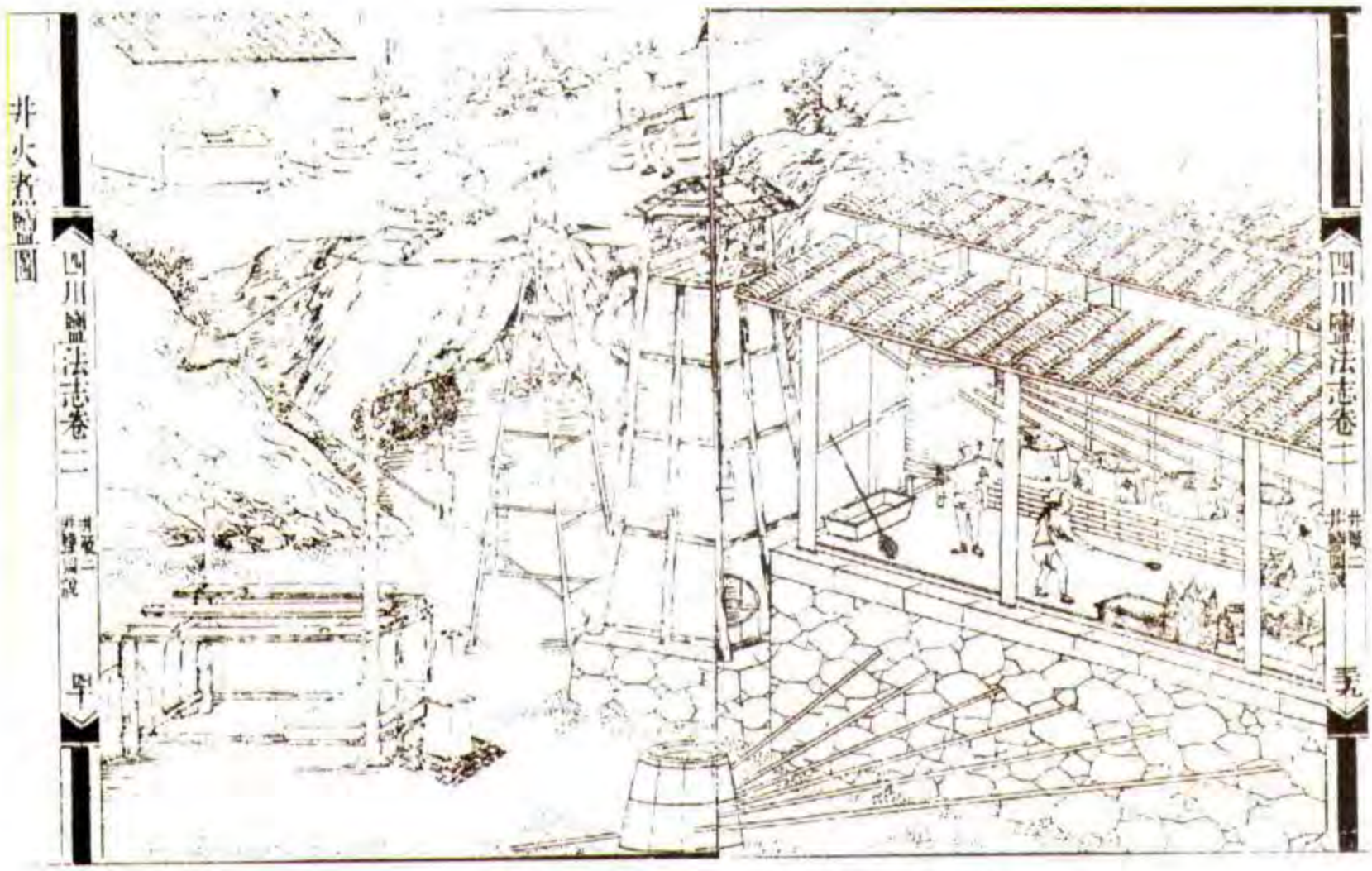


图 11-48 清《四川盐法志》所载“井火煮盐图”

图 11-49 江西铅山的胆水炼铜法

传统技术，2002 年调查。操作要点是：利用废弃矿土的自然风化，和雨水的自然浸渍而获取胆水，再将铁刨花投入胆水槽中，将其中的铜置换出来。胆铜场的主要设施有三：一是拦“水”坝，筑于废弃矿土下方，以拦集自然流出之胆水。二是胆水沟，中蓄胆水，并放置铁刨花，置换过程在此进行。三是洗铜桶，置于胆水沟的堤岸上，在此洗下附着于铁刨花上的铜。早在西汉时期，人们对胆水中的金属置换作用就有了一定认识，宋代便进行了规模性生产，这是我国古代冶金技术的一项重要成就。

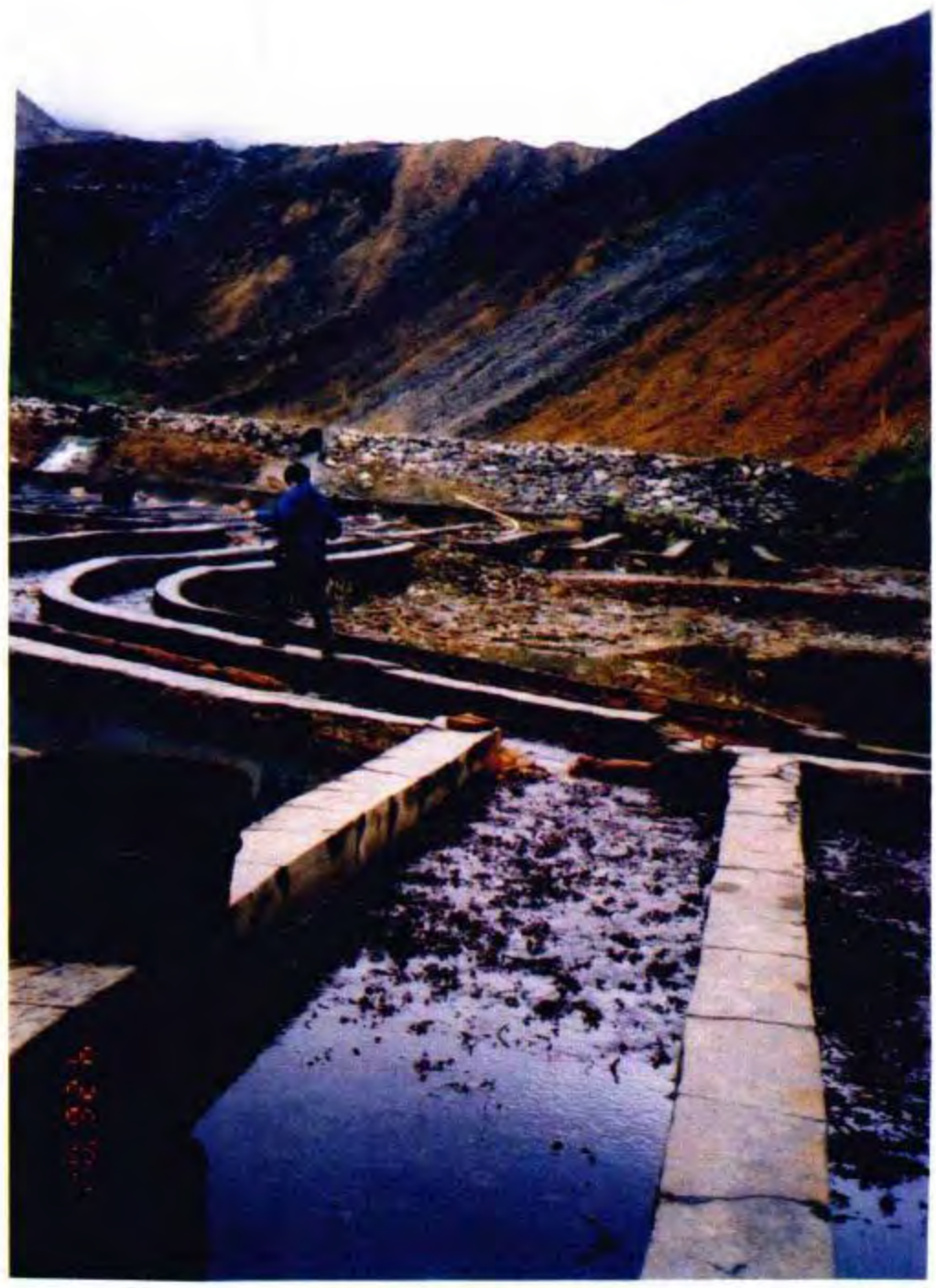


图 11-49　江西铅山的胆水炼铜场

第十二章　车　　辆

中国古代很早就独立发明了车辆。文献记载黄帝“服牛乘马”，号“轩辕氏”；夏朝奚仲造车，任“车正”；商代“王亥作服牛，相土作乘车”。考古发现二里头文化（夏代）遗址已有车辙，殷墟遗址发现有商代车的实物遗存。先秦时代车辆遗物多为随葬用的战车或其部件。本章主要收录战车以外的仪仗用车、交通运输车等。

中国古车主要由辕（辀）、轴、轮、舆、盖等部分组成，其发展历史按技术构成和系驾方式，大致以秦汉之际为界可分为先秦及西汉至明清两个时期。先秦时代的古车用木质和青铜构件制成，主要为轭鞅式独（曲）辀车；汉以后改为木质与铁构件制作，一般为胸带式及鞍套式系驾，西汉中期以后独（曲）辀车逐渐演变为双（直）辕车。早期独辀车及双辕车多为两轮，与西亚古国及中亚草原民族流行的四轮车判然有别。在系驾法上，西方至8世纪以前一直使用颈带式挽具，车衡系在马项背上的颈带上，着力点压迫在马的咽喉部位，马走愈疾则呼吸愈困难，是西方古代马车长期未能解决的问题。中国商周时代即采用轭鞅式系驾法，受力点在马的肩胛部，至战国晚期发明胸带式鞁驾具，受力点在马的胸骨上。汉以后又发明颈圈式和肩套式挽具，至宋元时期发展为鞍套式系驾法。胸带式和鞍套式系驾法后来传入西方。鞍套式挽具用马鞍支撑、肩套曳车，完全淘汰衡轭等物，从而避免机械磨伤；适应马体特征，降低支点，放平车辕，使马胸及其肩胛两侧均能受力，从而扩大受力面积，增加了马的曳车能力。鞍套式系驾是我国发明的世界上最先进的马车系驾法，一直沿用至今。

秦汉之际急剧的社会动荡与变革促进了独辀车向双辕车的发展。秦统一六国，铜兵器及战车自此退出历史舞台。汉初社会经济凋敝，马匹奇缺，“自天子不能具钧驷，而将相或乘牛车”（《史记·平准书》）；尤其是西汉中期以后，随着牛车的社会地位提高，借鉴牛车系驾方式来改造马车，一种由单马驾双辕的新式车辆逐渐流行。直至明清，除在系驾方式及局部构件上有所改进外，马车并无重大技术革新。

汉代的车辆，文献记载较多，而且有丰富的画像石、画像砖、壁画以及出土明器模型等实物资料可供参考。汉车种类众多，功能齐全，继承先秦造车技术的主要成就，开启后代车制的源头。舆、盖的形制是区分不同车类的标志。先秦战车除外，汉代方形舆的车，一般形体较小，称为“小车”；长方形舆的车，多带篷顶或卷棚，形体较大，称为“大车”。车盖一般分伞盖、篷盖及卷棚等。汉代仪仗用车及表示官员身份等级的任载车主要有斧车、轺车、轩车、安车等。斧车为高级官员的前导车，轺车为一般官员所乘，也可为高级官员主车的导从车，轩车及有耳轺车为高级官员乘车，安车为年高位重的官员及贵妇所乘。除斧车以斧代盖之外，它们一般采用方舆、伞盖，以表现“天圆地方”的传统观念；尽管安车为长方形舆，但用伞柱支撑，仍保持官车特征。伞盖采用中央立柱支撑，制作工艺比较复杂，成本较高，非官车一般不用；而篷盖用四角支撑，制作比较简单，施用于装载辎重及妇女老人的辎车、軿车之上，便于坐卧及设置屏障。平民乘坐没有髹漆、不加雕饰的柴车、栈车，一般作长方形舆。民间载重车则主要用牛拉大车、马拉带卷棚的輂车以及人推独轮车等。

魏晋时期士风崇尚清谈儒雅，牛车逐渐流行。《晋书·舆服志》载“古之贵者不乘牛车。汉武帝推恩之末，诸侯寡弱，贫者至乘牛车，其后稍见贵之。自灵、献以来，天子至士庶遂以为常乘。”六朝官员及贵族墓葬中盛行随葬牛车模型，反映了这一趋势。魏晋至隋唐的高级牛车一般在车顶上张盖布幔以御暑热，将整个车顶覆盖的叫“通幰车”；只是覆盖车子前部的叫“偏幰车”。东汉卷棚牛车与马拉輦车均为弧形拱顶，魏晋六朝顶近平，隋唐演变为前后高、中间低的长檐车。辽代北方出现前后室式的棚檐驼车。

宋代以后官员及贵族出行多坐轿乘辇，天子玉辂、亲王象辂皆用人力挽车；一般载客用的马车、双辕后推车均为亭式轿车型。而牛、马、驴拉的敞棚、卷棚大车以及各种各样的人力独轮车等在民间更加广泛流行，迄于明清犹盛。

图 12-1　车马坑（商代）

1972 年河南安阳孝民屯南地殷代车马坑出土。一车二马，车为独辀（辕）车，两轮。独辀通长 2.56 米，车轴通长 3.0 6 米。车轮直径 1.33～1.44 米，车辐二十七根，车衡单独放置。舆厢为长方形，车门后置。这是迄今所知时代最早、保存最完整的独辀马车遗迹。图采自《考古》，1972（4）。

图 12-1　车马坑（商代）

图 12-2　车马坑（西周）

1983 年北京房山琉璃河西周燕国墓地车马坑出土。一组车马遗迹，均为单车二马，独辀双轮。舆厢宽约 1.4 米，进深约 1 米。舆厢和车轮拆开放置，独辀两侧葬马匹。发现有车軎、伏兔等构件，并发现有最早的车伞盖。有盖车是贵族出行乘坐的交通工具。图采自《考古》1984（5）。

图 12-2　车马坑（西周）

图 12-3　车马出行漆画（战国）

1987 年湖北荆门战国楚墓包山大冢出土。人物车马出行漆画，绘于漆奁上，此为其局部展开图。三匹马用轭鞅式系驾法牵引独辀车出行。车舆内立乘三人，御者居前，主人正立于后，侍者侧立居中，应为文献记载的立乘“高车”。此为我国早期马车系驾法及驾御载乘情形的真实写照。今藏湖北省博物馆。

图 12-3　车马出行漆画（战国）

图 12-4　秦始皇陵铜马车

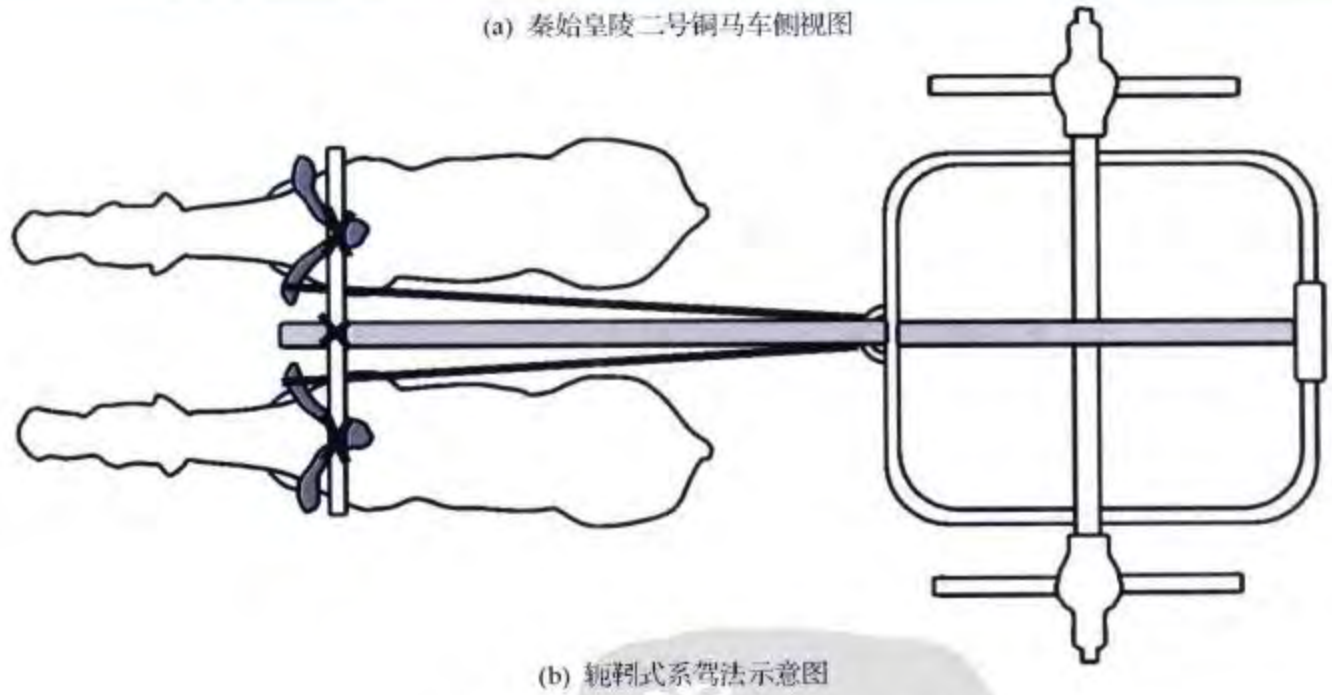
通长 2.25 米，高 1.52 米，约为真车马的一半。1980 年陕西临潼秦始皇陵西侧一木椁内发现两乘铜车马，一号车居前，独辀、驷马、伞盖；御者立乘，是谓“高车”。车厢内有弩机、箭箙、铜簇、盾牌等，可知一号立乘高车是用来保护后面二号坐卧安车的。藏秦始皇兵马俑博物馆。图采自《文物》，1991（1）。

图 12-4　秦始皇陵铜马车

图 12-5　秦始皇陵二号铜马车

通长 3.17 米，高 1.06 米，约为真车马的一半。1980 年陕西临潼秦始皇陵西侧出土。独辀、驷马、蓬盖。舆前室敞开坐一御官，后室四周设拦板门窗。车衡架接辕、轭，轭套于马颈，内侧轭钩系连靷绳。鞁挽具齐全，装饰华丽，有车耳，为“安车”或“辎辌车”。藏秦始皇兵马俑博物馆。图采自《文物》，1983（7）。

(a) 秦始皇陵二号铜马车侧视图



(b) 轭鞅式系驾法示意图

图 12-5　秦始皇陵二号铜马车

图 12-6　马王堆汉墓帛画车马仪仗图（西汉）

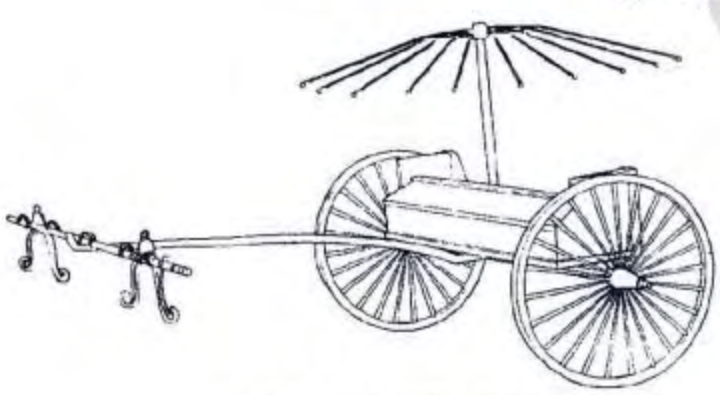
1973 年在湖南长沙马王堆三号汉墓出土帛画《车马仪仗图》局部。描绘一组祭祀仪仗独辀马车。御者立乘，驾驷，轭鞅式系驾。《后汉书·舆服志》“公、卿、中二千石、二千石，郊庙、明堂、祠陵、法出，皆大车，立乘，驾驷。”反映驷马高车（类似先秦战车）在祭祀仪仗中的特殊用途。今藏湖南省博物馆。

图 12-6　马王堆汉墓帛画车马仪仗图（西汉）

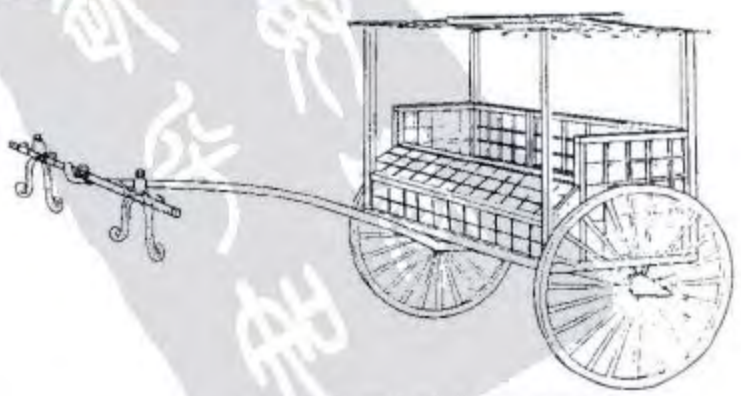
图 12-7　大葆台汉墓马车（西汉）

为一组殉葬车马遗迹，共有车三辆、马十一匹。独辀，驾驷马或三马，舆厢、车轮朱髹彩绘，其上置伞盖或蓬盖。1974 年北京丰台区大葆台西汉墓出土。

(a) 大葆台汉墓马车



(b) 北京大葆台汉墓一号车复原图



(c) 北京大葆台汉墓二号车复原图

图 12-7　大葆台汉墓马车（西汉）

图 12-8　木轺车（西汉）

通长 120 厘米，车高 97 厘米，1972 年甘肃武威磨嘴子西汉晚期墓出土。由舆车、伞盖、人、马组成，是迄今所见最大的汉代木雕组合。车軎、当卢、衡轭端首、轙环及盖弓帽等为铜构件。《释名·释车》："轺车……四向远望之车也。"《史记·索隐》："轺车谓轻车，一马车也。"西汉中期以后，单马双辕成为马车的主要形式。现藏甘肃省博物馆。

图 12-8　木轺车（西汉）

图 12-9　轺车壁画（东汉）

1991 年洛阳北郊朱村东汉晚期墓出土。单马双辕，方舆伞盖。胸带式系驾：辕首及加固杆与衡轭连接，以作支撑；鞅绳与轭分离，绕过马前连接为胸带，以作牵引。马作奔走嘶鸣状，舆坐二人，戴进贤冠，著灰袍，皂线领。御者居右，双手收缰；主人居左作扶车状，颔下蓄须。图采自《文物》，1992（12）。

图 12-9　轺车壁画（东汉）

图 12-10　铜轺车（东汉）

车长 36 厘米，马长约 35 厘米，车高约 40 厘米，1969 年甘肃武威雷台东汉晚期墓出土。双辕前曲与衡连，有加固杆向上拱曲，连接轭軥，以便朝下支撑车舆不使前倾。伞盖，双轮，重毂十二辐。方舆輢较，轼轼后敞，舆轴勾结有轐。双辕后部承舆，固以铆钉，舆前系笭，舆底镂空成菱形格纹，舆内坐一御奴，车旁立一侍者。现藏甘肃省博物馆。

图 12-10　铜轺车（东汉）

图 12-11　君车画像石（东汉）

原石长 125 厘米，宽 86 厘米，传 1882 年出土（地点不详）。维盖轺车，单马双辕，衡轭一体，辕首、加固杆与轭式衡连接，胸带牵引。伞盖带四维，《淮南子》高诱注“若小车盖四维，谓之絃绳之类也”。自题“君车”，舆内坐二人，御右执辔，“君”居左。

图 12-11　君车画像石（东汉）

图 12-12　施耳轺车画像砖（东汉）

横 40.5 厘米，纵 25.5 厘米，1955 年四川德阳县出土。单马双辕，伞盖四维。舆内御者坐右前执辔，主人坐左后执扇。自舆较横施挡板于轮上，谓之“车耳”。《汉书》应劭注“车耳反出，所以谓之藩屏，翳尘泥也。”《古镜图录》“作吏高迁车生耳”，《汉官仪》“仕宦不止车生耳”，《晋书·舆服志》“轺车施耳后户一乘”。现藏四川省博物馆。

图 12-12　施耳轺车画像砖（东汉）

图 12-13　轩车画像石（东汉）

江苏邳州市陆井乡出土画像石局部。单马双曲辕，辕首可见加固杆。伞盖四维，车舆两侧施宽而高的轩板，但不与盖顶相接，露出二乘者头顶及伞柱上部。《说文》：“轩，曲轵藩车也。”“藩，屏也。”轩车只有卿大夫以上才能乘坐。

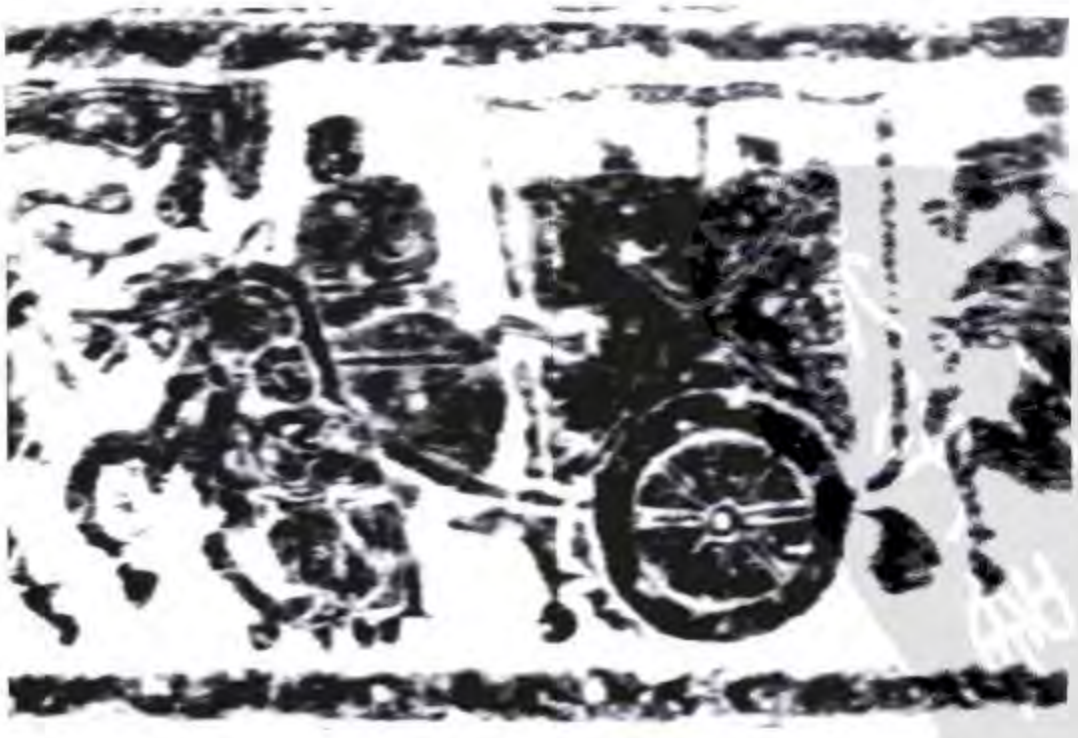


图 12-13　轩车画像石（东汉）

图 12-14　安车石阙画像（东汉）

四川渠县赵家坪东汉无铭阙局部。单马双辕，马侧立一御者。辕首分叉有加固杆连接衡、轭，胸带系连靳绳。宽辋十辐。伞盖顶，车室四周封闭，从车窗可见中立伞柱。此车与秦始皇陵二号铜马车相似，为安车。《礼记·曲礼》注“安车，坐乘，若今小车（伞盖轺车）也”。

图 12-14　安车石阙画像（东汉）

图 12-15　斧车画像砖（东汉）

高 28.5 厘米，宽 48 厘米，1959 年四川彭县太平乡出土。浮雕一急驰的斧车，单马双辕，车轮 14 幅。车舆立乘二人，右为执辔御者，左为从吏。舆箱中部竖立巨斧，两侧斜插长矛，斧、矛之樱向后飘浮。《续汉书·舆服志》载“持节者重导从贼曹车、斧车”，“县令以上加导斧车”。知其为县令以上主车的前导车。现藏四川省博物馆。

图 12-15　斧车画像砖（东汉）

图 12-16　轺车骖驾画像砖（东汉）

横 45.8 厘米，纵 41 厘米，1955 年四川都成新繁清白乡一号汉墓出土。三马驾维盖、施耳轺车。主马架衡轭，左右骖马无轭，清晰可见右辕首与衡右端相接，其对称的左辕与衡左之连接被省略。三马皆头戴高冠，断鬃结尾，举步缓行。舆坐二人，御右持鞭执辔，主人居左。《说文》："骖，驾三马也"，即骖驾轺车。现藏四川省博物馆。

图 12-16　轺车骖驾画像砖（东汉）

图 12-17　辎车画像石（东汉）

横 48 厘米，纵 39.5 厘米，1975 年四川成都西郊曾家包出土。单马双辕。衡架轭上，辕连于衡，轭系于颈靼。蓬盖，车室两侧施屏蔽接于蓬顶。舆坐二人，御者居右前执辔，主人居左后执扇。《汉书》师古注："辎车，衣车也。"《史记·正义》："辎，厕也，所载衣物杂厕其中。"现藏成都市博物馆。

图 12-18　軿车画像石（东汉）

原石长 220 厘米，宽 38 厘米，江苏铜山县三堡镇台上村出土。双辕，轭式衡连接辕及加固杆。蓬盖，御者坐舆前蓬檐下，车室四周屏蔽。《释名·释车》："軿，屏也，四面屏蔽，妇人所乘"，"辎軿之形同"。《汉书·张敞传》："君母出门则乘辎軿。"《三国志·士燮传》："妻妾乘辎軿。"

图 12-17　辎车画像石（东汉）

图 12-18　辒车画像石（东汉）

图 12-19　戏车画像石（东汉）

原石长 236 厘米，宽 48 厘米，山东沂南县界湖镇北寨村汉墓出土。三马龙妆驰走，车中设三高橦，橦杆施葆羽花条，中橦贯穿建鼓，橦顶小平台上有倒立伎儿表演。车后两侧斜插二旗杆。舆中有击鼓、吹箫、歌唱之小乐队。《艺文类聚》卷 63：“戏车高橦，驰骋百马。”

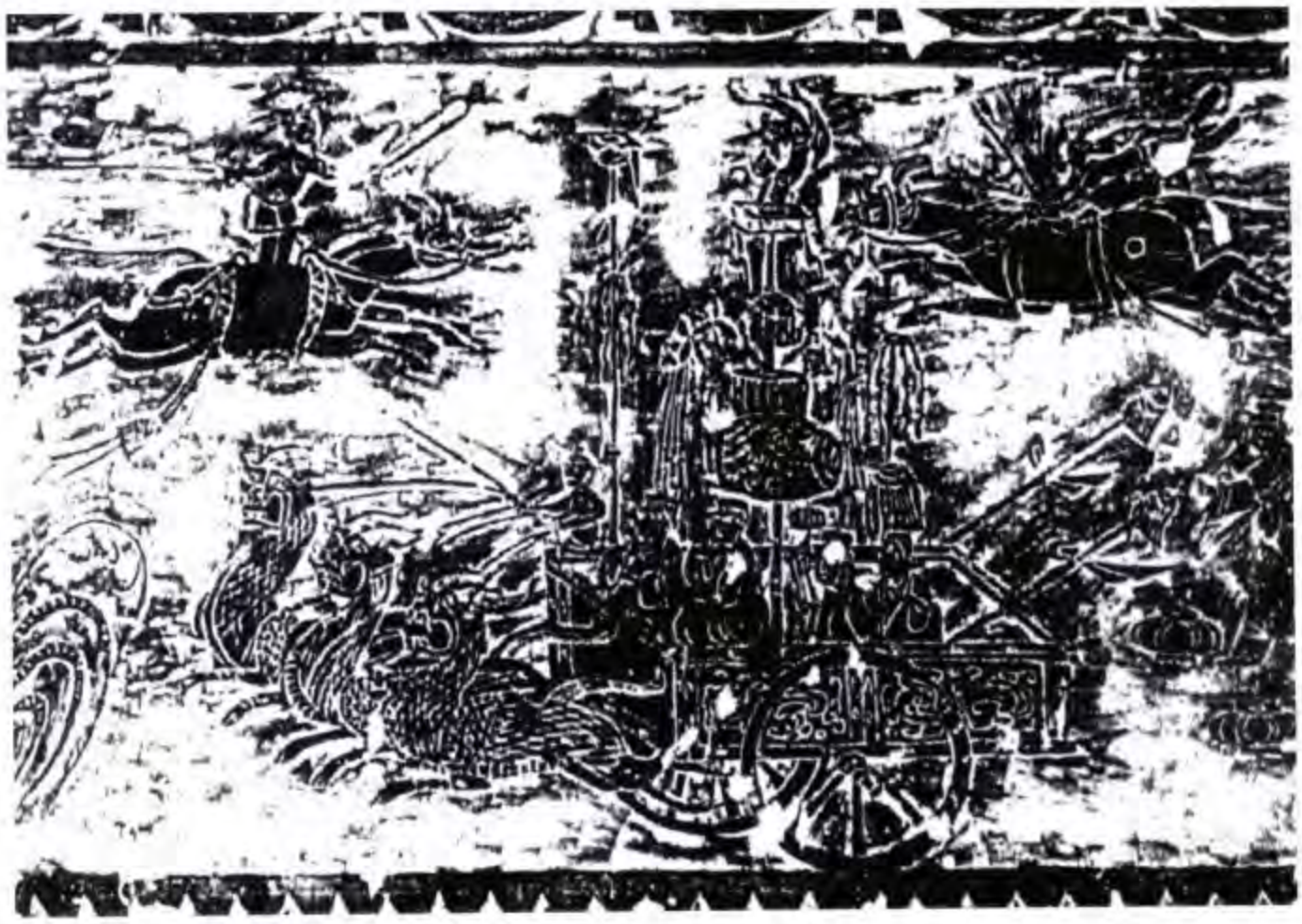


图 12-19　戏车画像石（东汉）

图 12-20　青铜輦车（东汉）

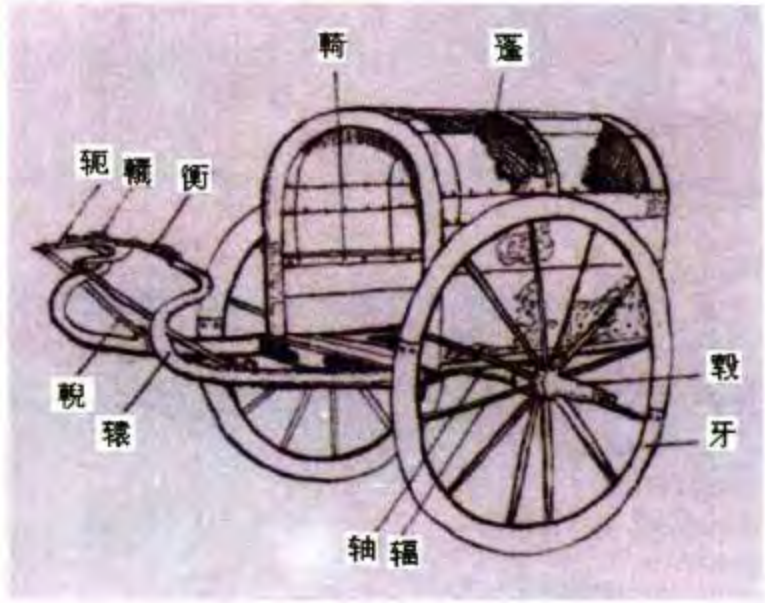
车长 95 厘米，宽 60 厘米，高 69 厘米；马长 45 厘米，高 88 厘米。1975 年贵州兴义县万屯汉墓出土。

单马双辕，辕、衡、軥连为一体，轭首连于衡，轭脚系于軥。两轂无辖，舆置轐上。车箱长方形，卷棚由铜箔块拼接，上饰簟席纹、云气纹，以象竹蔑棚。《说文》：“輦，大车驾马也。”现藏贵州省博物馆。

图 12-21　青铜輦车（东汉）

车长约 63 厘米，1969 年甘肃武威雷台汉墓出土。单马，前辕后軶，双直辕作带节树枝状向上翘伸。车箱长方形，前敞，后有挡板。箱侧有穿环，推测原有卷棚。铜马胸前自铭“輦车马”。輦车（长方形卷棚马车）成为继伞盖（轺、轩）车、蓬盖（辎、軿）车之后的主要马车形式。现藏甘肃省博物馆。

(a) 青铜輦车实物



(b) 青铜輦车结构示意图

图 12-20　青铜輦车（东汉）

图 12-21　青铜輦车（东汉）

图 12-22　輦车画像砖（东汉）

纵 39.5 厘米，横 48 厘米，1975 年四川成都西郊曾家包出土。单马双辕大车，门字衡直接系连辕首，使辕变直，马旁一人扶辕。曲较，竹篾卷棚，有后辕。棚檐下坐二人，右御者执辔，左一人露半身。车棚内倒扣四只大缶。车旁二人夹毂而行。《汉书·五行志》："陈畚輦，具绠缶，备水器……使奔火所"，是谓备水器以救火灾。现藏成都市博物馆。

图 12-23　鹿王本生壁画之马车（北魏）

敦煌 257 窟西壁中层，北魏壁画九色鹿王本生之三局部，原图长 385 厘米，高 96 厘米。白马挽车，旁立一扶辕牵马者。双直辕，前辕后軏。长方形舆，卷棚，前檐突出，棚上架通幰以遮阴凉，车棚前后挂五绺白色长条形门簾，既遮蔽又通风透气。为故事中的王后坐车。

图 12-22　辇车画像砖（东汉）

图 12-23　鹿王本生壁画之马车（北魏）

图 12-24 涅槃经变壁画之驷马车（盛唐）

敦煌 148 窟西壁北侧盛唐壁画，涅槃经变局部·驷马车，原图长 126 厘米，高 90 厘米。描绘摩竭陀国王坐车前往拘尸那城求释迦牟尼舍利。独辀驷马，曲柄华盖顶。舆前置笭，侧有车耳，尾部斜插二旌旗。车中置一坐椅，车后壁即椅之靠背，国王戴通天冠、着深衣坐椅上。

图 12-24 涅槃经变壁画之驷马车（盛唐）

图 12-25 《回鹘公主出行图》中的马车（五代）

敦煌莫高窟 100 窟北壁五代壁画《回鹘公主出行图》局部。双直辕，单马挽车，肩套式系驾，旁立一人扶辕。前辕后軏。卷棚，前后檐突出。两旁有对称 6 根用以支撑通幰的支架。因用软质肩套取代衡轭，使马肩胛避免机械摩伤，但不便支撑，往往需人力扶辕。

(a) 《回鹘公主出行图》中的马车(五代)

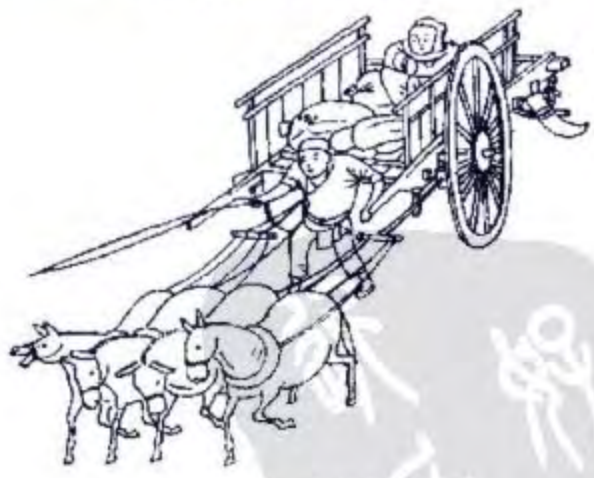
(b) 肩套式系驾法

图 12-25 《回鹘公主出行图》中的马车及其图释（五代）

图 12-26　《清明上河图》中的驴车（北宋）

北宋张择端绘《清明上河图》局部。四匹骡子牵引双辕大车，车身前辕后軶，两轮高大，车舆两侧有栏板。肩套式系驾：四匹骡子均戴有软质材料填充的肩套，挽绳系在肩套和车箱前端下的柱木上。御者执鞭车前，同时托起两辕。这是未有驮鞍仅用肩套联系挽绳牵引马车的方法。现藏故宫博物院。

(a)《清明上河图》中的驴车



(b) 肩套式系驾

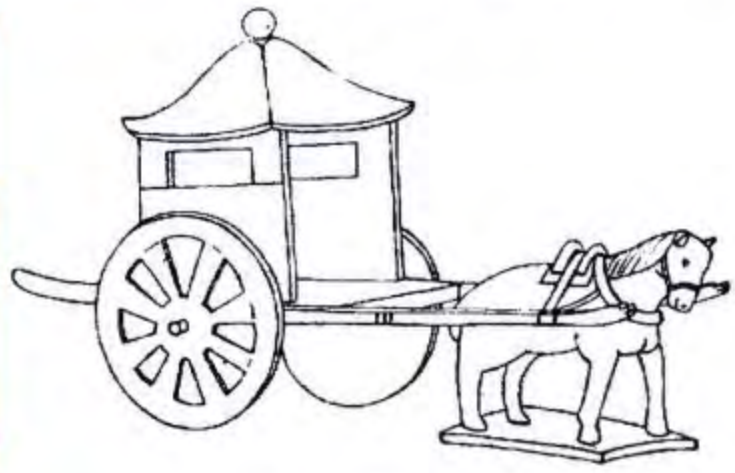
图 12-26　《清明上河图》中的驴车及其图释（北宋）

图 12-27　陶马车（元）

通高 31 厘米，宽 17 厘米，通长 53 厘米。1956 年陕西西安曲江池西村芙蓉原元墓出土，墓主段继荣葬于至元二年（1265）。单马双辕，车棚为亭式轿顶型，可称“轿车”。鞍套式系驾：马背驮鞍托住车辕，马肩胛套上软肩套，挽绳系连肩套及两辕。此法利用马最有力的部

位马背和肩胛将托车与拉车之力合理分配，是马车最先进的系驾方法。现藏陕西省博物馆。

(a) 陶马车（元）



(b) 鞍套式系驾法

图 12-27　陶马车（元）

图 12-28　木牛车（西汉）

木牛车模型长 60 厘米，甘肃武威磨嘴子汉墓出土。双辕长出，横木为轭，架于牛之颈背间。车轮特大，高出车舆，宽辋粗毂而轮辐较细。长方形舆，四面挡板，后挡高耸而顶部略弧。这种车型在河西地区十分流行，适应沙漠环境：宽辋细辐的高轮防止陷于流沙，粗毂加强轮之负重与耐颠，长辕利于宽广的道路。现藏甘肃省博物馆。

图 12-28　木牛车（西汉）

图 12-29　陶塑栈车（东汉）

1953～1960 年广州先烈路黄花岗东汉后期墓出土。陶塑牛车模型，车轴、双辕、牛轭等似为木制，已朽。车轮高大，八宽辐（股狭胶广）。车舆长方形，四周有护栏，置覆瓦形卷棚，上饰竹编蔑席纹。车夫坐棚前侧。牛体粗壮，塑工较粗。《说文》“栈，棚也，竹木之车曰棚”。

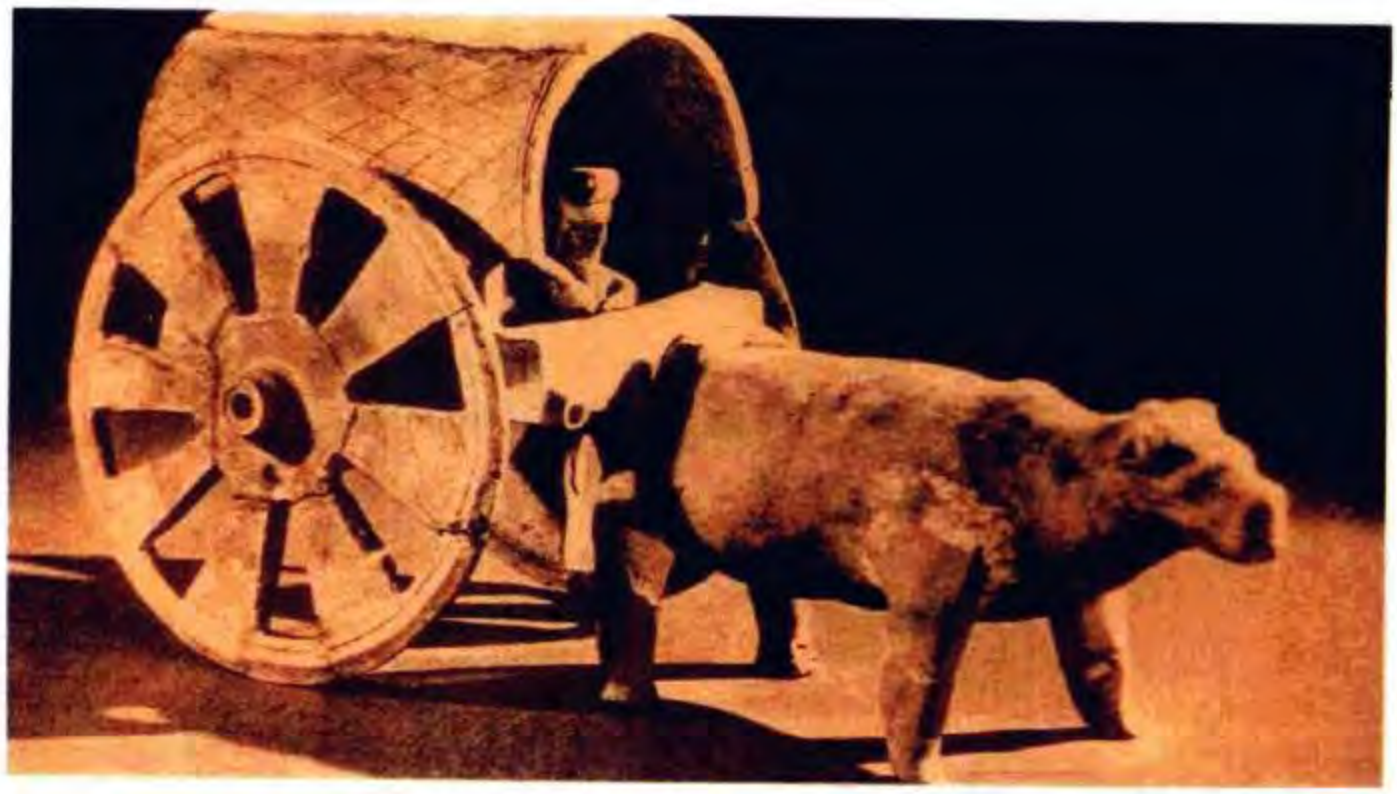
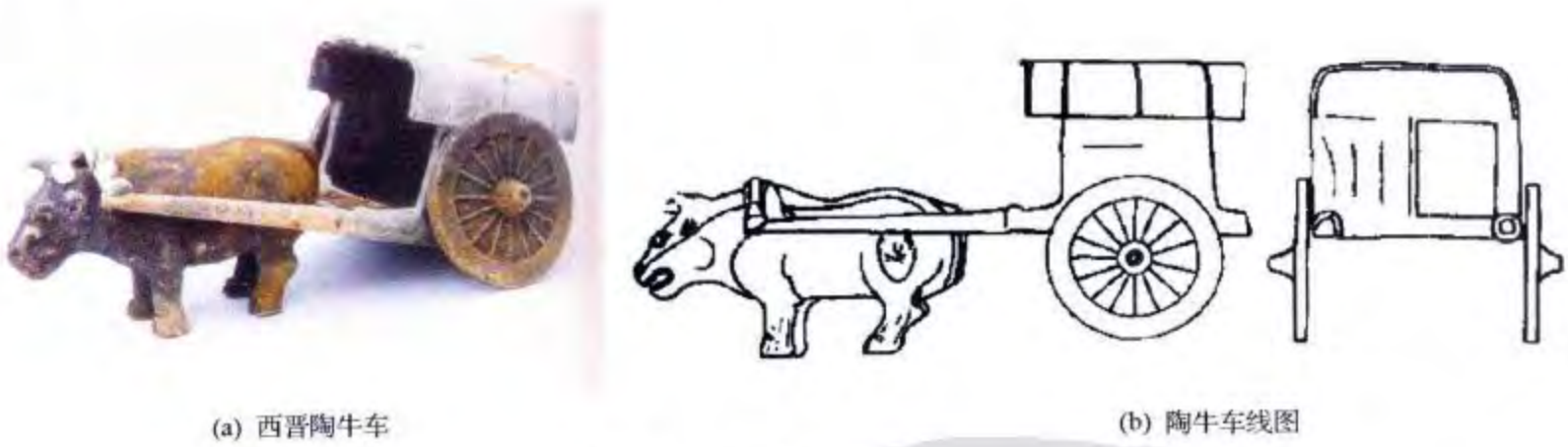


图 12-29　陶塑栈车（东汉）

图 12-30　陶牛车（西晋）

车长 38.7 厘米，高 14.7 厘米，牛长 25.6 厘米，高 14.1 厘米，洛阳春都路西晋墓出土。双直辕，后有軶，辕端横架牛轭，轭稍曲。车厢前敞，后有小门。宽辋粗毂，轮辐较细而密。卷棚顶较平，前后出檐。图采自《文物》，2000（10）。



(a) 西晋陶牛车　　(b) 陶牛车线图

图 12-30　陶牛车（西晋）

图 12-31　元邵墓陶牛车（北魏）

车长 37.6 厘米，高 22.1 厘米，牛长 20、高 17.4 厘米。1956 年洛阳北邙山盘龙冢村北魏元邵墓出土。双辕两轮，轭甚曲，系辕首。方形舆，拱形盖顶，前后出檐，车箱两侧偏前各刻一小方形假窗，前后挡有槅格户牖，车身、两辕均涂朱红色，轮辋、幅条以朱绘表示。牛体健壮，颈粗而短似狮状，牛背遍饰螺髻状因泡，塑工精细。现藏洛阳市博物馆。

图 12-31　元邵墓陶牛车（北魏）

图 12-32　司马金龙墓漆画通幰车（北魏）

1965 年大同石家寨北魏司马金龙墓出土木屏风漆画。前辕后軶，两辕中部各有一根垂直向下的支柱，以便税驾时支撑于地保持车身平衡。车舆前有栏杆，两侧有栏板，板上架卷棚，棚顶较平，棚外用八根撑杆支起通幰。棚中坐一人，前侧榜题“鲁母师”。图采自《文物》1972（3）。

图 12-32　司马金龙墓漆画通幰车（北魏）

图 12-33　张肃俗墓陶牛车（北齐）

车高 29.1 厘米，牛高 22.6 厘米，1955 年山西太原圹坡北齐张肃俗墓出土。车舆横长方形，瓦形拱顶，前后出长檐，舆前挡置直棂窗，后挡开门，车身、两辕均涂朱红色，两轮高大，轮辋、幅条以朱绘表示。牛身赭色，斑条纹，饰络头，体极健壮。车轴、双辕似为木制，出土时朽烂无存，已经配补。现藏中国国家博物馆。

图 12-33　张肃俗墓陶牛车（北齐）

图 12-34　铜牛车（北朝）

通长 42 厘米，高 23.5 厘米。由牛、轭、长辕双轮车组合而成，黄牛头戴络具拉车，曲轭套于牛之肩颈处，两轭脚各有一半圆形环扣接辕首。车轮十六辐。车厢略呈长方形，后开门，前厢板上铸出直棂窗格，两侧有挡板；车厢上覆盖拱顶，两头略高，中间稍低，前后出长檐。铜铸牛车模型十分罕见。现藏广东省深圳市博物馆。

图 12-34　铜牛车（北朝）

图 12-35　偏幰牛车画像砖（南朝）

砖长 38 厘米，宽 19 厘米，厚 6.1 厘米，1957 年河南邓县彩色画像砖墓出土。黄牛戴络头昂首奋蹄拉车，车夫持鞭执辔疾走于旁。长辕高轮大车，方形车厢覆盖拱顶，车厢后门垂布帘几至于地。车前支撑布幔，略与车厢盖同高，并与盖顶相接，罩住拉车黄牛，为之遮阳挡雨。此为“偏幰车”，以别于罩住全牛及车顶的“通幰车”。现藏中国国家博物馆。

图 12-35　偏幰牛车画像砖（南朝）

图 12-36　陶犊车（隋）

图 12-36　陶犊车（隋）

车高 41.5 厘米，出土地点不明，1952 年郑振铎先生捐献。高轮大车，车厢长方形，前厢板上置直棂格，后开门。上盖覆瓦式弧形拱顶，前后出长檐。两侧挡板上部平列三颗横突鼓钉，车盖上对应有三排竖列鼓钉，每列三颗。黄车犊头戴络具拉车，车身相对偏小，比例不当。现藏故宫博物院。

图 12-37　敦煌壁画牛车（隋）

敦煌 62 窟东壁北侧下层隋代壁画《供养人与牛车图》局部。前辕后軛，车轮高大。黄牛拉车，旁立一车夫牵牛扶辕。车厢长方形，两侧有挡板。前壁为网状栅栏，后垂长条布幔作门帘。弧形拱顶，前后出长檐；盖顶呈前檐高、中间低、后檐又略高的曲线形。

图 12-37　敦煌壁画牛车（隋）

图 12-38　木牛车（唐）

通长 50 厘米。新疆吐鲁番市哈拉和卓墓地出土。木制牛车明器，由牛、车两部分组成。两直辕斜上伸入轭勾，轭稍曲，横于牛颈。牛体涂墨。车厢长方形，前后开门，左右设挡板，板上墨绘花纹，轮有十二条竹辐，涂墨色。棚顶较平，用竹片制成。现藏新疆文物考古研究所。

图 12-39　陶犊车（唐）

车长 14.5 厘米，高 15 厘米，牛长 23 厘米，高 16 厘米。1956 年湖北武昌钟孟山 401 号墓出土。灰白陶二牛一车，牛戴络头昂首并列于车前。陶车辕轭已失，车厢长方形，前开门，后刻象征性窗栏。车厢上覆盖弧形拱顶，前后左右出檐；盖顶前后稍高、中间略低。车轮上车毂圆凸，以画线表示八根辐条。现藏湖北省博物馆。

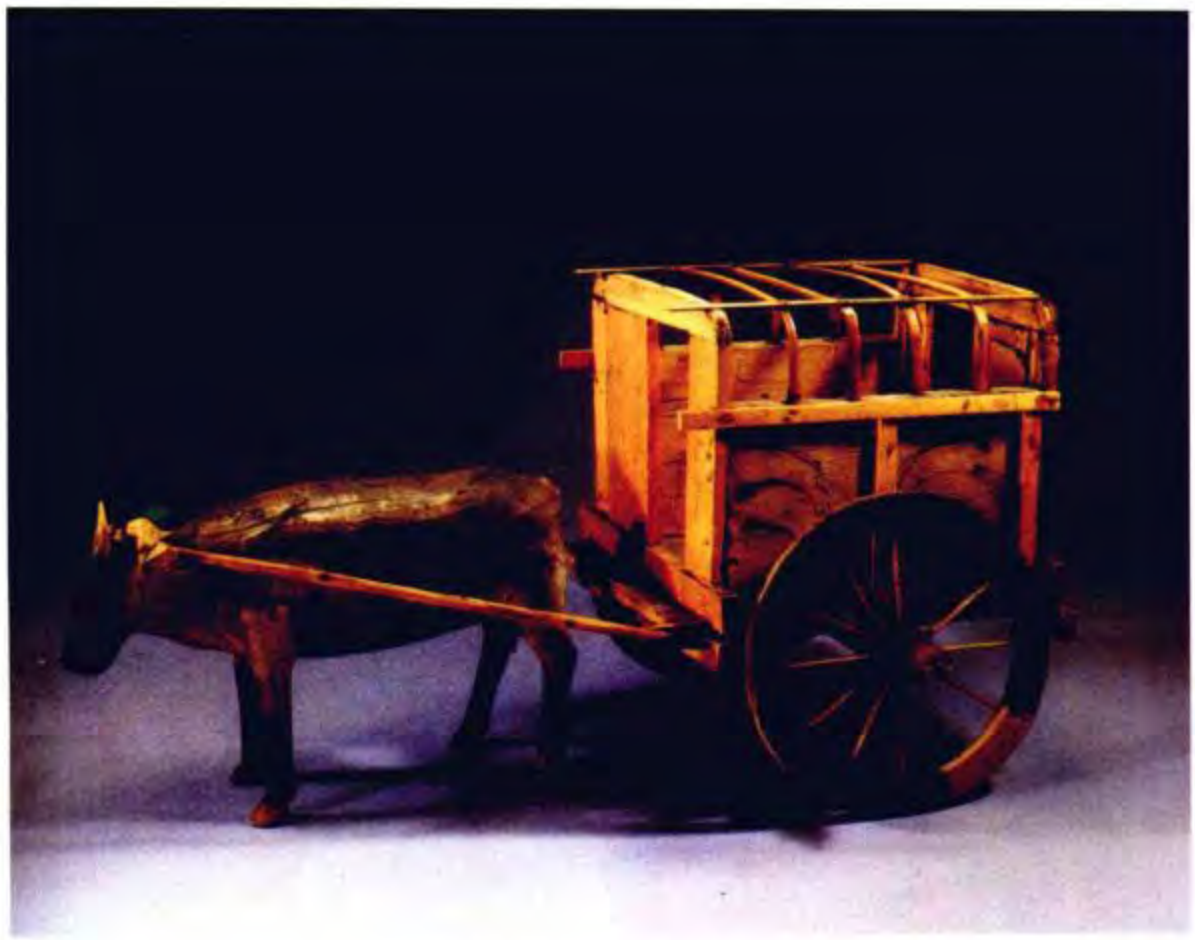


图 12-38　木牛车（唐）

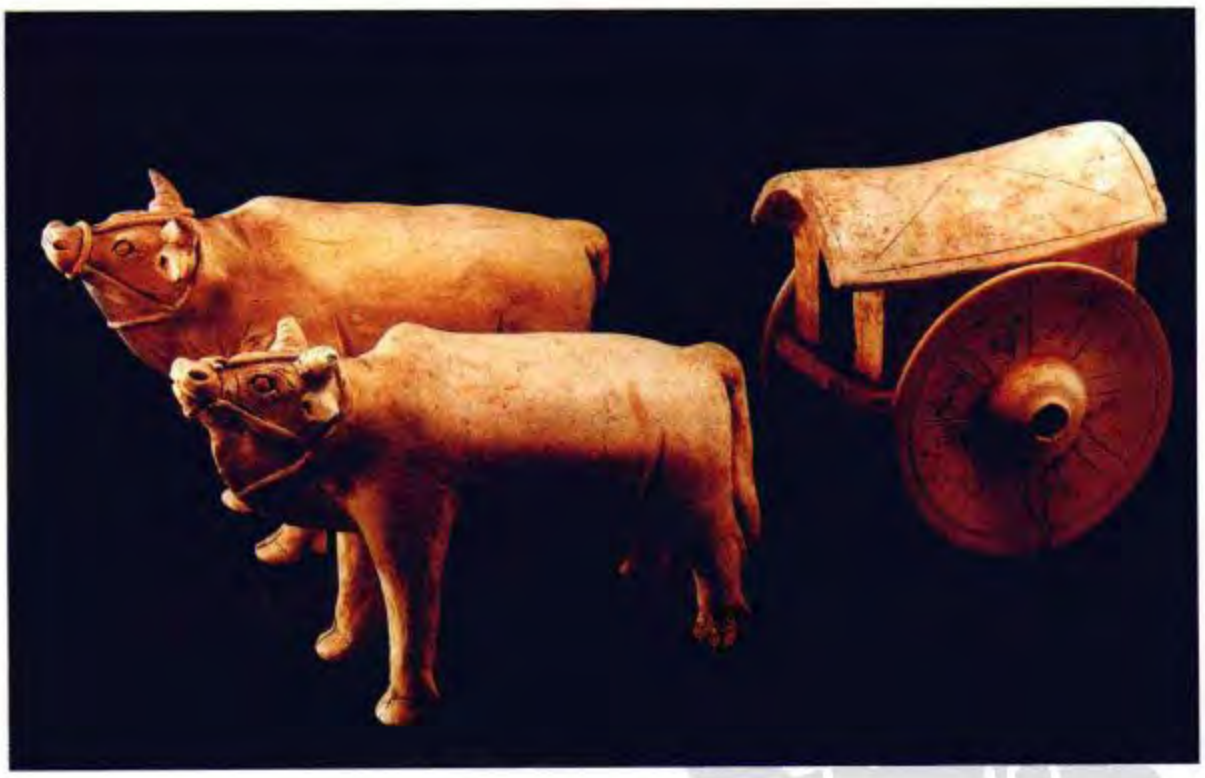


图 12-39　陶犊车（唐）

图 12-40　《清明上河图》中的牛车（北宋）

北宋张择端绘《清明上河图》局部。图中绘有两辆三牛拉货栈车。两车皆独辕两軏，辕首横穿一衡木架于两牛轭上，轭似叉形，套于牛颈；两牛外侧各有一车夫，前方另有一牛套绳牵引。两轮高大，轮辋宽厚。车厢长方形，两侧设栏板，前后置竹编弧顶活动护栏，顶覆竹席卷棚。现藏故宫博物院。

图 12-40　《清明上河图》中的牛车（北宋）

图 12-41　《溪山行旅图》之牛车（南宋）

南宋朱锐绘《溪山行旅图》局部。图中绘有牛拉栈车。车底中部伸出独辕，两牛用衡轭系驾，前方另有一牛套绳牵引，旁有一车夫。两轮高大，轮辋宽厚。车底长方形，其上置栅栏围成车厢装载货物，车底架前后伸出栅栏外。车顶覆盖竹席卷棚，前后出檐。现藏上海博物馆。

图 12-41　《溪山行旅图》之牛车（南宋）

图 12-42 制车画像石（东汉）

原石纵 57 厘米，横 94 厘米，1954 年山东嘉祥县洪山村发现。原画中层左格描绘制车轮情景：置一车轮半成品，旁设几案盆钵；左一人半跪持斧凿制辋，其后一人背负小儿，持一段辋睨视；几案右一人叉立倾前，持方形物作操作状，其后一人佩刀而立。现藏中国国家博物馆。

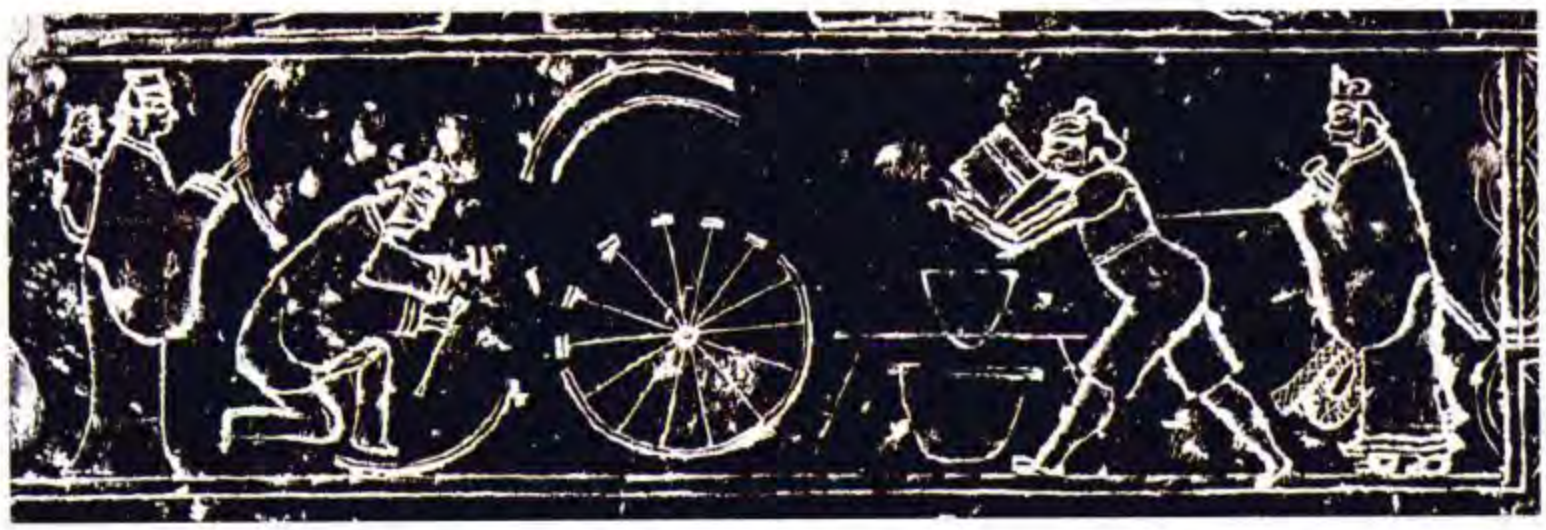


图 12-42 制车画像石（东汉）

图 12-43 牛羊车画像石（东汉）

原石纵 74 厘米，横 74 厘米，山东滕县大郭村出土。此为原画下层：绘一牛、一羊各驾一车，车载二人，御者居前，主（客）人居后。牛车双直辕，有后軥；车舆两侧护板为方格状栅栏，曲较；后置编制状活动护栏，高出两较。羊车形制与牛车略同，但不见后軥；车轭架于羊之颈背交接处，轭脚与直辕相接，当为胸带式系驾。现藏滕县博物馆。

图 12-43 牛羊车画像石（东汉）

图 12-44 韩师训墓壁画驼车（辽）

1990 年河北宣化辽代韩师训墓壁画局部，全画宽 2.7 米，高 1.1 米。骆驼昂首拉车，车夫持鞭握缰行走。车厢前后室分别作单、双面坡顶，前门挂卷帘；墙、顶涂黑色，梁柱架涂白，饰黑网纹。车底架前后伸出车厢外。车前高架白布幔罩住骆驼及前室，后施矮布幔罩住軥尾采自。图采自《文物》，1992（6）。

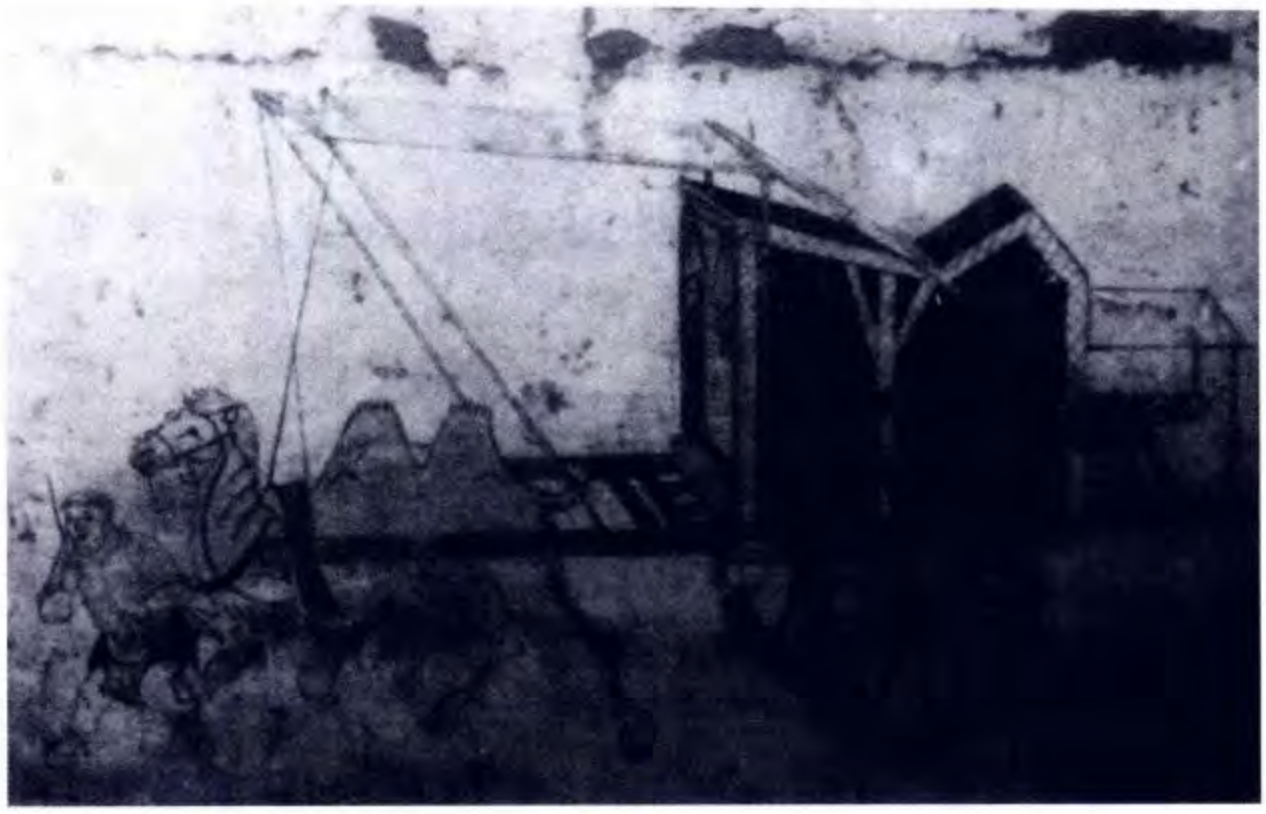


图 12-44　韩师训墓壁画驼车（辽）

图 12-45　驼车壁画（辽）

1970 年内蒙古翁牛特旗解放营子辽代壁画墓出土《毡车出行图》局部。骆驼驾车，两轮高大。前一人持骨朵牵引，侧一契丹人护辕。车厢封闭为前后室，顶部彩绘，后室穹隆顶上站一鹰，前室半穹隆顶与车棚相接。前车棚立于两辕之上，后车棚较小，棚缘皆垂幔及流苏，前后垂幔下各坐一侍女。

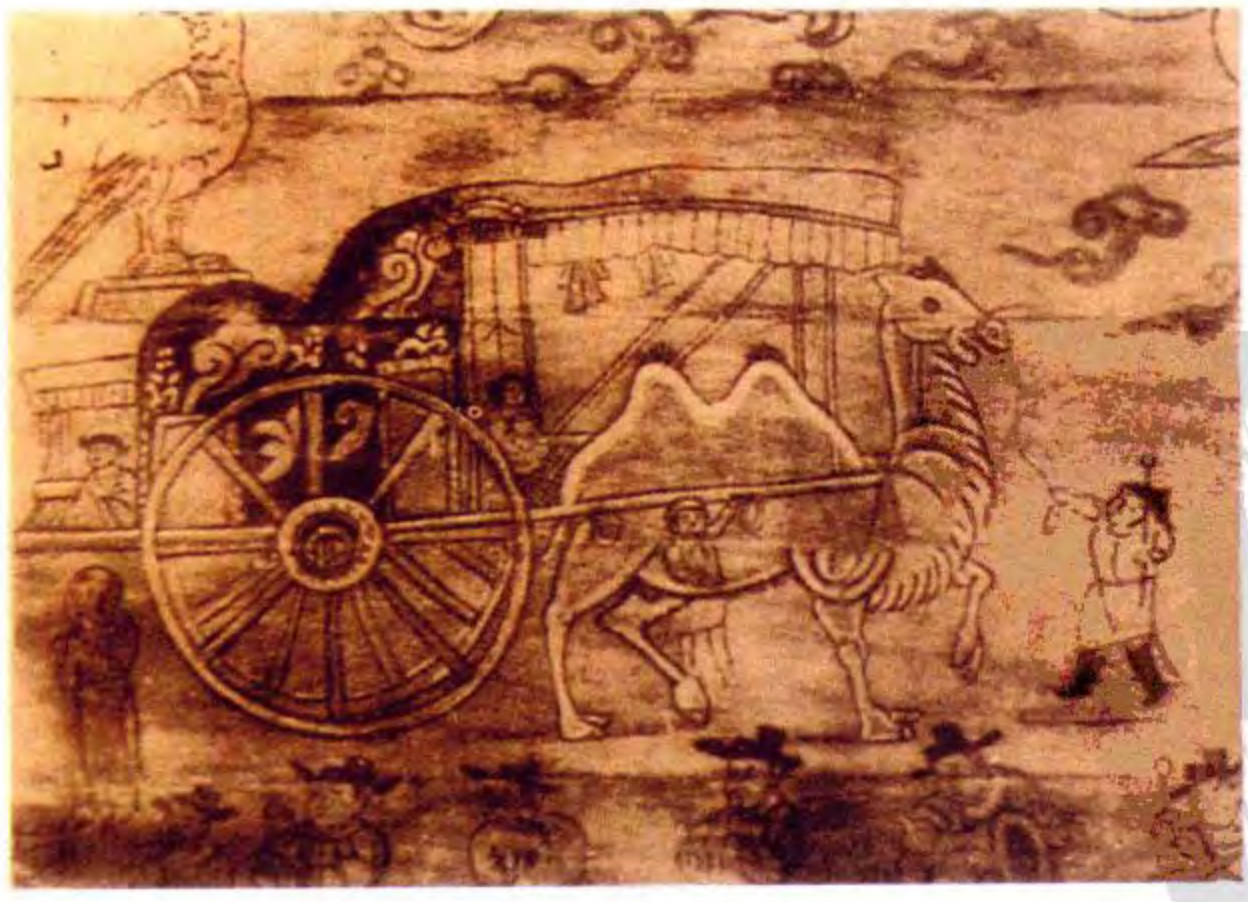


图 12-45　驼车壁画（辽）

图 12-46　独轮车石阙画像（东汉）

四川渠县蒲家湾东汉无名阙背面浮雕拓片。雕刻董永侍父故事：董父坐槐树下独轮车上，董永右手拄锄，左手执勺哺其父。车的两辕前端架在独轮车轴上，后辕下有短柱支撑车身；一弧形梁架连接于轮两侧的竖柱及辕中部的横梁上，罩住车轮；所载人物置于轮后两辕间的车架上。

图 12-46　独轮车石阙画像（东汉）

图 12-47　独轮车壁画（十六国）

1977 年甘肃酒泉丁家闸 5 号墓出土的十六国时壁画局部。由四辆独轮车、四推车人组成运输车队。独轮架在车辕前半部的横轴上，两辕后端用横木相连。较密的梁架立足于两辕，罩住车轮，梁顶稍凸，前后立柱略高于梁，以阻止梁上货物滑落。置货物于轮上，移重心于车轴，省力易行。图采自《文物》，1979（6）。

图 12-48　卤簿玉辂图（南宋）

南宋《卤簿玉辂图》局部，全图纵 26.6 厘米，横 209.6 厘米。皇帝仪仗谓“卤簿”。此车三辕，辕上有衡，前后两排侍女抬辕，侧旁有侍女扶辕。两轮高大，轴端挽绳，由两队侍女牵引。车舆正方形，四周施栏杆，两侧斜插日月龙旗，四角垂布幡，车盖宝顶遍饰明玉。《释名》：“天子所乘曰玉辂，以玉饰車也。”现藏辽宁省博物馆。

图 12-49　朱悦燫墓陶象辂（明）

高 70 厘米，长 78 厘米，宽 34 厘米。1970 年成都凤凰山明蜀王世子朱悦燫墓出土。前后辕末饰金色龙头、龙尾，即“象辂以象饰诸末”（《宋史·舆服志》）。辂亭前左右三面装格扇、开门。圆盘盖涂白，饰三轮莲座，顶戴宝珠。亭内置坐椅、脚踏，亭前置踏梯。有耳车轮，前后各支一行马凳。图采自《考古》，1978（5）。

图 12-47　独轮车壁画（十六国）

图 12-48　卤簿玉辂图（南宋）

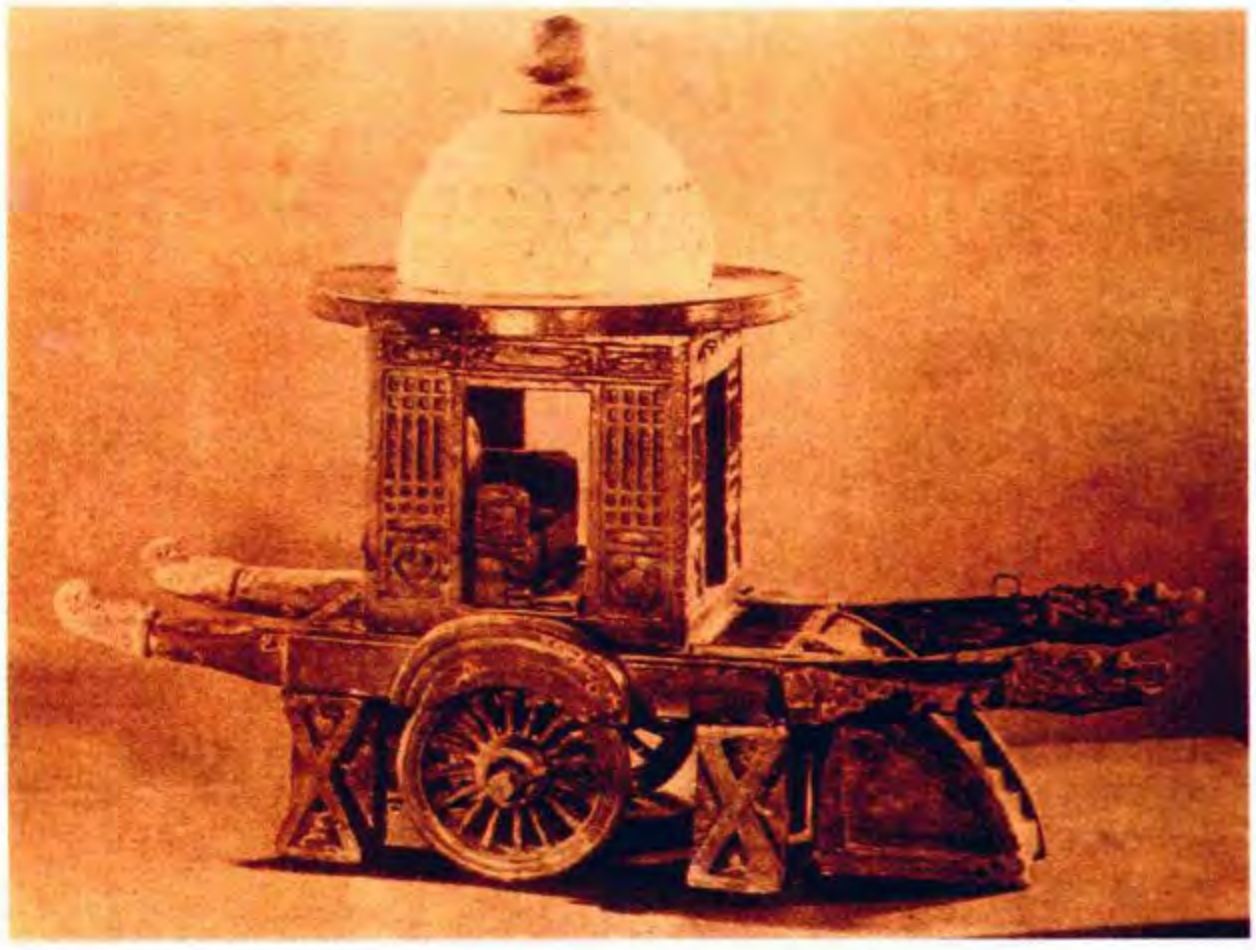


图 12-49 朱悦燫墓陶象辂（明）

图 12-50 双轮推车版画（明）

明万历柳浪馆刻本《紫钗记》插图局部。描绘江岸两轿车过桥。两轮各八辐，后辕长而上翘，车夫挟辕推行。轿式车厢，攒尖顶，前挂门帘，三面罩轿衣。前车门帘上可见方窗；后车门帘八字开卷，可见前面栏杆，车内坐一人。是为明代流行人力客车。

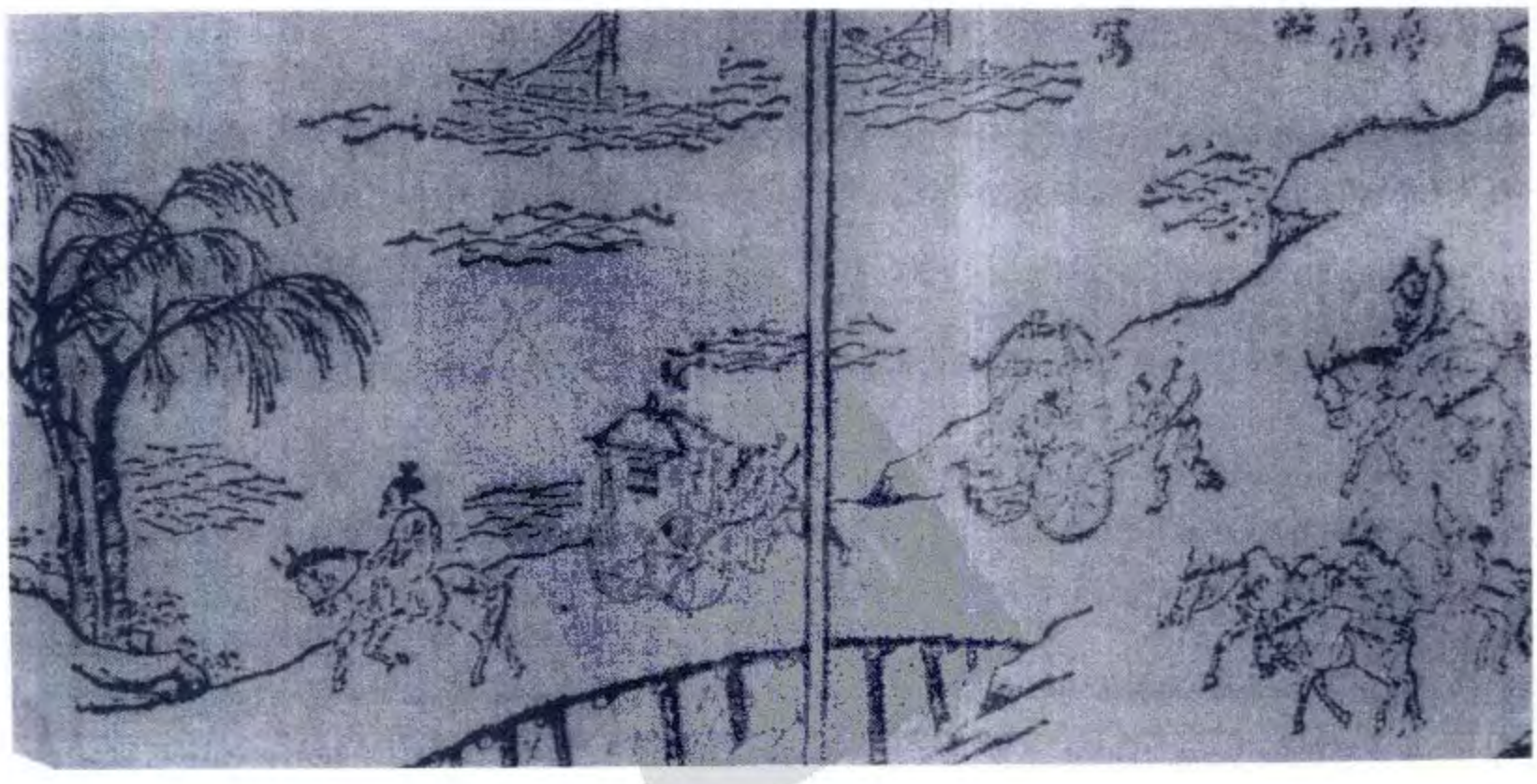


图 12-50 双轮推车版画（明）

第十三章　造船与航海

中国古代的造船及其密切相关的航海活动有着悠久的历史。

本章按早期舟船、船舶的重要构件、船舶种类、航海等次序编排历史上舟船之演进与发展。船的早期形式多种多样，鉴于沉积地下的木质易腐朽，却不一定都有考古实物发现，如筏子，本文只好据以今鉴古之原则，以近代实物的绘画代之。关于船舶的考古实物，在近几十年屡有发现，或木质和陶瓷质地的明器船模，或船舶构件，尤其是20世纪50～70年代在长沙、广州、湖北荆州三地发现了四种汉代木船模、陶船模，在江苏扬州施桥镇、如皋县蒲西乡发现唐代大木船，在福建泉州湾出土宋代木质海船，在天津静海县出土宋代内河船，等等。提供了中国古代船舶造型、规模与科技方面的大量信息。此外，在古代图书中留下了大量的有关船舶绘画，尤其是古代军事图书中关于战争用船的分门别类的记述与绘图，都反映了当时造船技术的发展水平。本章对以上图绘均有所采录。根据考古实物复原的船舶模型或素描图，也在本章中有所收取。

明代郑和下西洋，是中国古代船舶技术和航海技术的远征考验。它成为中国船舶与航海技术发展水平的一个标志性历史事件而至今被颂扬。本章展示郑和下西洋部分航海图。

作为古代中国水上交通或航海技术的历史绘画、文物甚多，本章限篇幅未能一一收录。

图 13-1　内蒙古阿里河鄂伦春族近代木筏（线图）

鄂伦春人的筏子是用桦木杆扎成的。木料一般长2～3米，粗细接近，均为15厘米左右。每十至十五根编为一筏，用皮绳或柳条扎结。

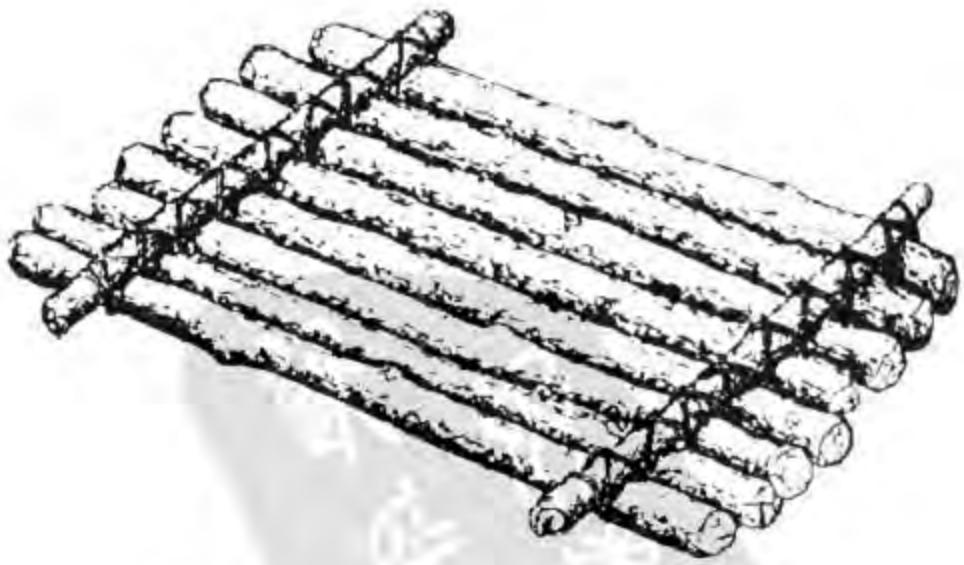


图 13-1　内蒙古阿里河鄂伦春族近代木筏（线图）

图 13-2　独木舟（唐）

独木舟最迟在大约七千年前就已经出现。该图为1960年在江苏扬州施桥镇出土的唐代独木舟。全长1365厘米，宽75厘米，深56厘米，用楠木挖成。左右有对称的榫孔，以安装横梁。

图 13-2　独木舟（唐）

图 13-3　木板船（线图）（隋）

1979 年上海市川沙县出土的隋代木船，残长 14.5 米。其船底是由三根独木舟前后连接而成，中间挖空成槽，两侧再加舷板，先弯成弧形，再将它钉在船底上。这条古船虽然在不同部位保留着独木舟的特点，但它显然已经是独木与板材复合组装的木板船。

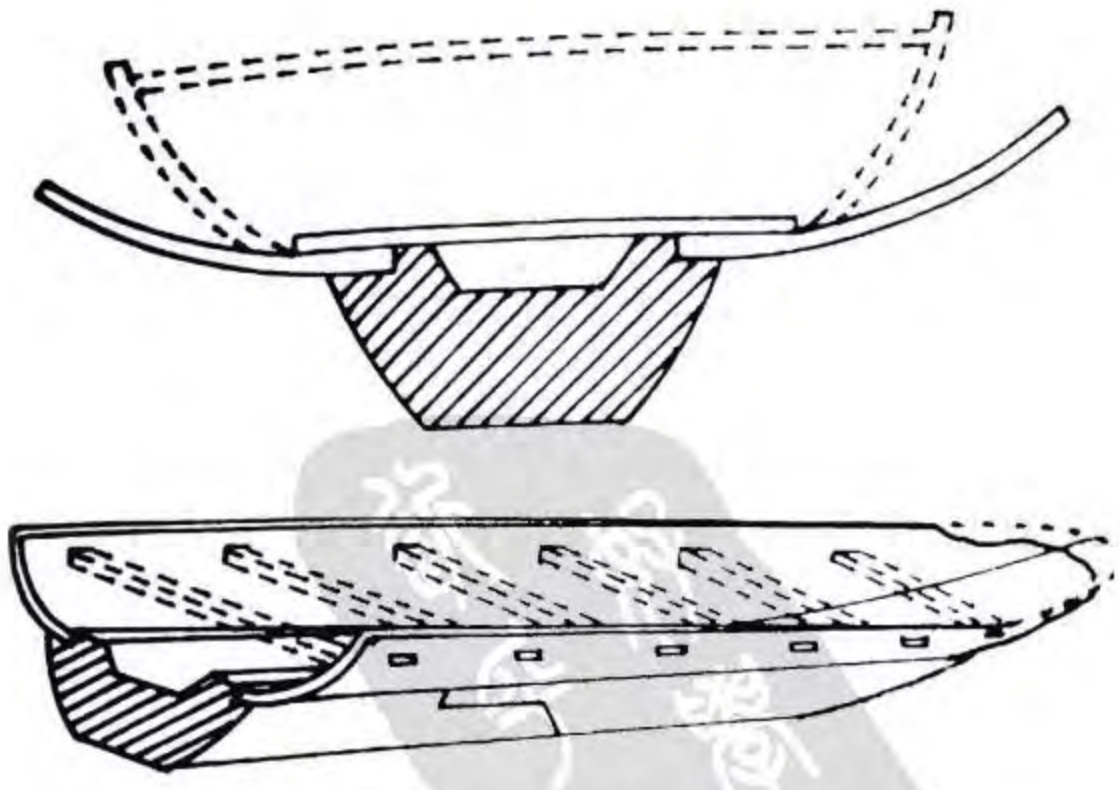


图 13-3　木板船（线图）（隋）

图 13-4　舫（东晋）

中国早在西周时就有舫，汉代也常使用。东晋顾恺之所绘《洛神赋图》。图中画舫有两条并列的船身，船上重楼高阁，装饰华美。该画今藏于故宫博物院。

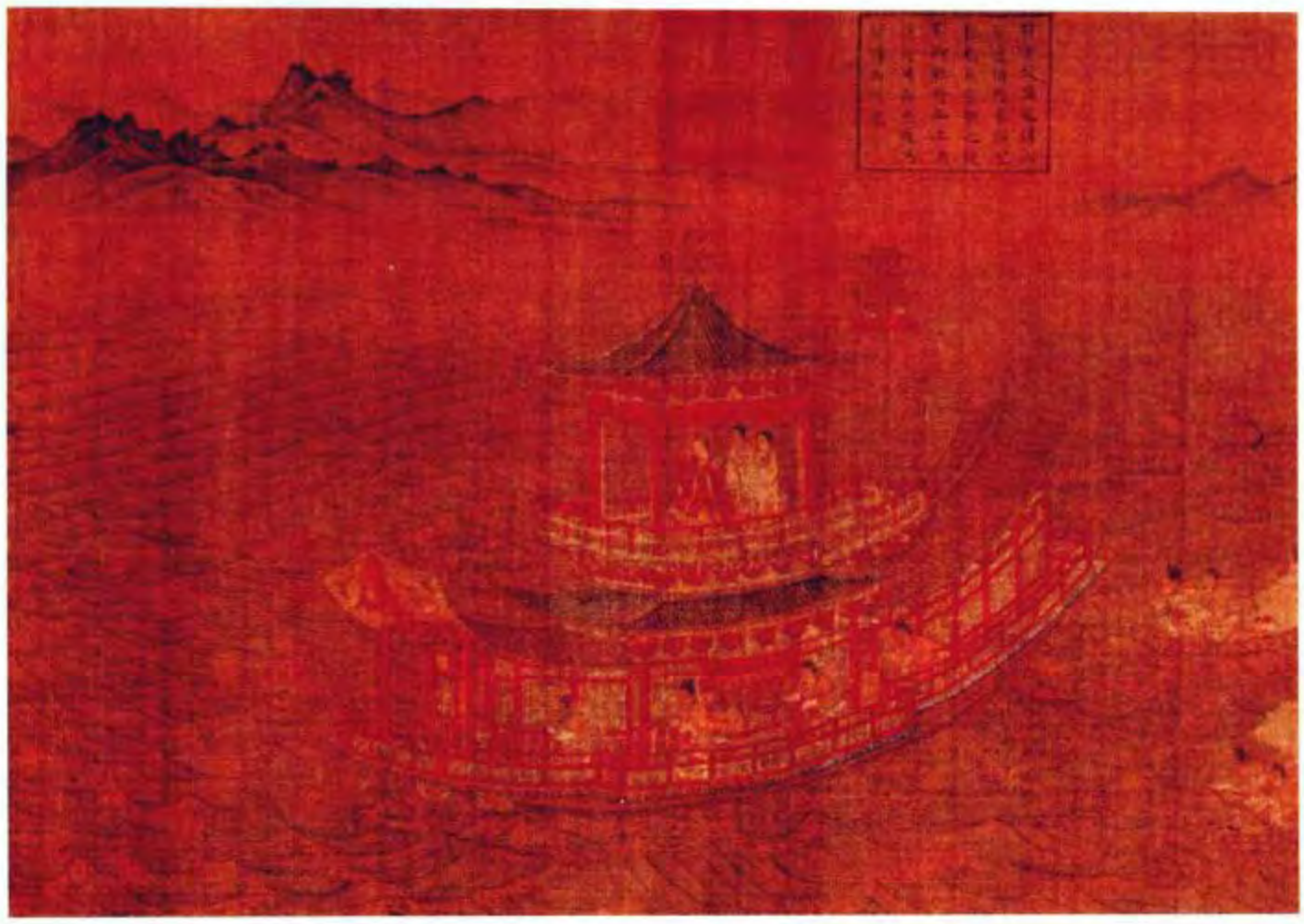


图 13-4　顾恺之《洛神赋图》中的舫（东晋）

图 13-5　篙（明）

篙是一根长竹竿或木棒，是一种最简单的推进工具。该图为明代徐渭所绘，现藏于故宫博物院。

图 13-5　徐渭绘画中的篙（明）

图 13-6 浙江余姚河姆渡出土的雕花木桨（线图）

图 13-6 雕花木桨（线图）

桨是最原始的船舶推进工具之一，大概在舟产生之后才出现的。该图为浙江余姚河姆渡出土的七千年前的雕花木桨（线图），据河姆渡村出土实物测绘。桨面宽约 10.8 厘米，残长 62.4 厘米，厚 2.1 厘米。

图 13-7 西汉十六桨木船（线图）

出土于湖南长沙的西汉木船模型共有十六把桨，古时称为长棹。该图为 1951 年湖南长沙市伍家岭出土的西汉十六桨木船（线图），长 154 厘米，最大宽 20 厘米。16 支木桨形制相同，每只总长 52.8 厘米，其中桨叶长 25.6 厘米。现藏中国国家博物馆。

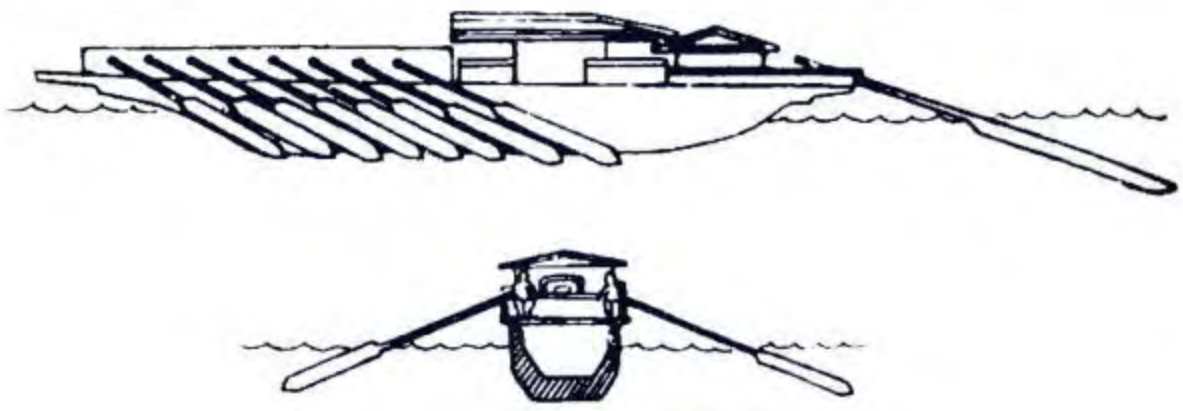


图 13-7 西汉十六桨木船（线图）

图 13-8 《清明上河图》之摇橹图

橹的发明是中国对世界造船技术的重大贡献之一。该图为北宋张择端《清明上河图》之摇橹图，现藏于故宫博物院。

图 13-8 《清明上河图》之摇橹图

图 13-9　帆

帆是船舶推进工具之一，但中国船舶风帆出现的年代，至今尚无定论。随着研究和考古发现，可以断定至迟到公元 1 世纪，中国已出现风帆了。然外国可能比中国早得多，从出土的古埃及陶质花瓶看，埃及方帆船出现的年代可推溯至公元前 3100 年。图 13-9（a）为甘肃敦煌 45 窟唐代壁画，画中的风帆是迄今所见的时代较早的形象资料。

（a）敦煌壁画中的唐代帆船

（b）唐代帆船（线图）

图 13-9　帆

图 13-10　硬帆

中国硬帆主要用植物叶编织而成，硬而重，虽升帆时较为费力，但遇上骤风时，因重量关系而可迅速解缆降帆，确保船只的安全，而其收风效果良好。图 13-10（a）为清《唐船图》见《长崎名胜图绘》，日本长崎博物馆提供。图 13-10（b）为清《唐船入津之图》见《长崎名胜图绘》，日本长崎博物馆提供。

(a) 清《唐船图》

(b) 清《唐船入津之图》

图 13-10　硬帆

图 13-11　船尾舵桨（西汉）

船尾舵的前身为船尾舵桨，在商朝已经使用，用来控制船只的航行方向，其形制经历了几个阶段的演变。该图为西汉中期五桨木船模型（复原件），原件于 1973 年在湖北江陵凤凰山出土。全长 71 厘米，最大宽 10.5 厘米。现藏湖北省荆州博物馆。

图 13-11　西汉船尾舵桨模型

图 13-12　船尾舵

舵的前身是船尾舵，是安装在船尾后的导航装置，最迟在东汉时期就已经出现。1955年出土于广州东郊十九路军坟场的东汉陶船模型为我们提供了早期船舵的实物资料，陶船船尾有一支舵，舵面呈不规则的四方形，面积较大，已脱离了船尾舵桨的形制，这种舵称为船尾舵。陶模长 54 厘米，通高 16 厘米，中部宽 15.5 厘米。现藏中国国家博物馆。

图 13-12　东汉陶船模型

图 13-13　平衡舵

舵的技术在唐宋时期十分成熟，舵杆和平衡舵已经出现。平衡舵缩短了舵压中心对舵轴的距离，减小了转舵力矩，使转舵更省力、快捷，保证操纵船舶航向的灵活性。北宋张择端《清明上河图》（现藏于故宫博物院）中的船舵就是平衡舵的实物证据。

图 13-13　《清明上河图》中的平衡舵

图 13-14 元代碇石

碇是船舶最早的停泊工具。该图为元代碇石，1927 年出土于日本唐津市神集岛海域。长 268 厘米，宽 35 厘米。图片为日本唐津市提供。

图 13-14 元代碇石

图 13-15 四爪锚

图 13-15 四爪锚

四爪锚是中国独创的系泊工具。船舶停靠时，四爪锚必有两爪同时抓泥，这是它的优点，因此被外国船舶所引用。图 13-15 为 1981 年在泉州湾出土的明代四爪铁锚，残高 2.78 米，铁爪最大对角距离的残长 2.18 米，重 758 公斤。现藏泉州海外交通史博物馆。

在《天工开物》第十卷锤锻和在第八卷冶铸中记载了四爪铁锚的锻造工艺和锚爪的焊接工艺。由此可见，明代在制造和应用四爪铁锚的技术已十分成熟，参见图 11-43。

图 13-16　隋炀帝的龙舟

该图为清刻明万历本《帝鉴图说》中隋炀帝龙舟（线图）。隋炀帝于大业元年（公元 605 年）秋，从洛阳出发沿新开凿的运河游幸江都（即江苏扬州）。所乘坐的龙舟是一种豪华型的客船，高四十五尺，长二百尺，阔五十尺。上下分为四层。上层设正殿、内殿、东西朝堂和回廊；中间两层共有 160 个房间，均用丹粉粉刷，以金碧珠翠作装饰。下一层是长秋、内史等随从，以及船工们的住房。

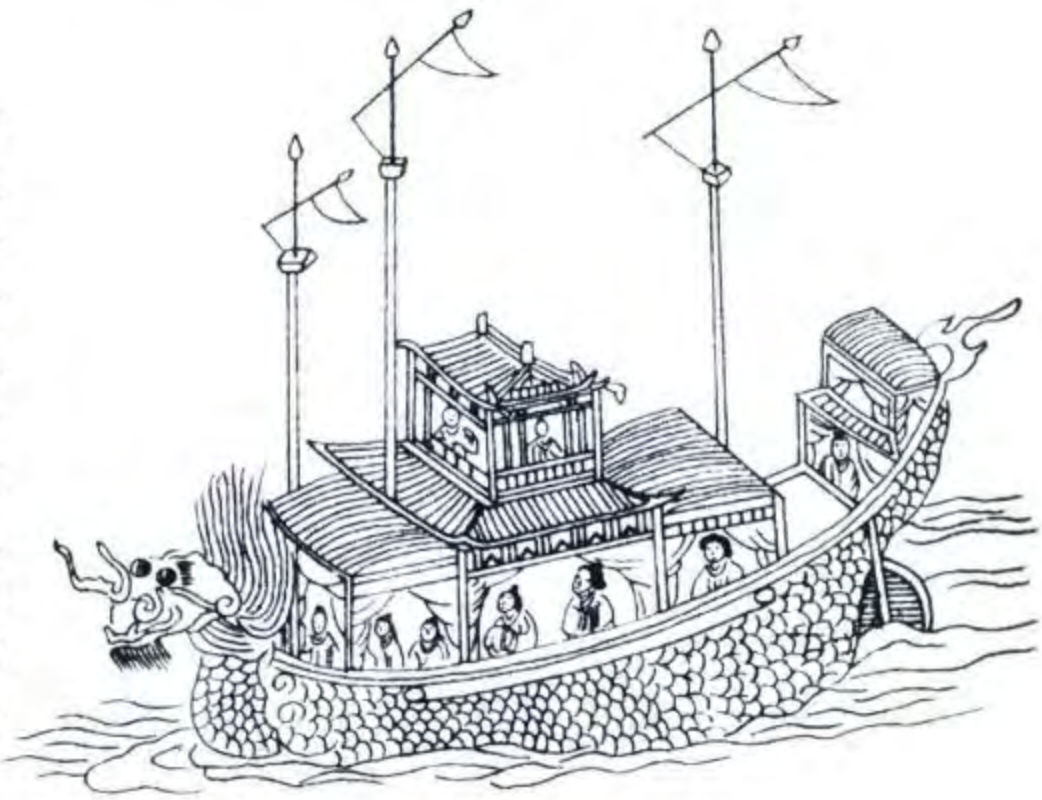


图 13-16　隋炀帝的龙舟

图 13-17　南宋海船

宋代的大型海船一般采用尖底龙骨船结构，具有很强的抗御风浪能力。该图为南宋海船，1974 年福建泉州市后渚港出土。残长 24.20 米，残宽 9.15 米，分十三舱。现陈列于泉州海外交通史博物馆。

图 13-17　南宋尖底海船

图 13-18　尖底海船多层板结构

该图为 1974 年福建泉州市后渚港出土的南宋尖底海船的三重板结构。宋元时期中等以上的海船多采用多层板结构，板材的连接方式有平接、斜口接、榫接、搭接等。接头处用木

榫穿固，再以铁钉钉牢，然后填充舱料。

图 13-18　南宋尖底海船多层板结构

图 13-19　水密隔舱

水密隔舱是中国古代造船技术的一项重大发明。中国最迟在唐代就已经在船舶上设置水密隔舱，以后，水密隔舱在海船上得到了普遍的应用，甚至部分内陆船只也采用水密隔舱。图 13-19 为 1974 年泉州湾后渚出土的南宋海船的水密隔舱板。共分 13 个隔舱，舱与舱之间的隔板厚度为 10 至 12 厘米。隔舱板与船壳板用扁铁和钩钉钉连，隙缝处用桐油灰腻密，具有严密的隔水作用。

图 13-19　南宋水密隔舱

图 13-20　舵杆（明）

该图为 1957 年南京江东公社中保村出土的明代舵杆。铁力木，质地坚硬。长 11.07 米。舵杆一端有 0.23 米×0.145 米的长方形孔，用于安装转舵用的木柄，下半部的榫槽，用来安装舵叶。现藏中国国家博物馆。

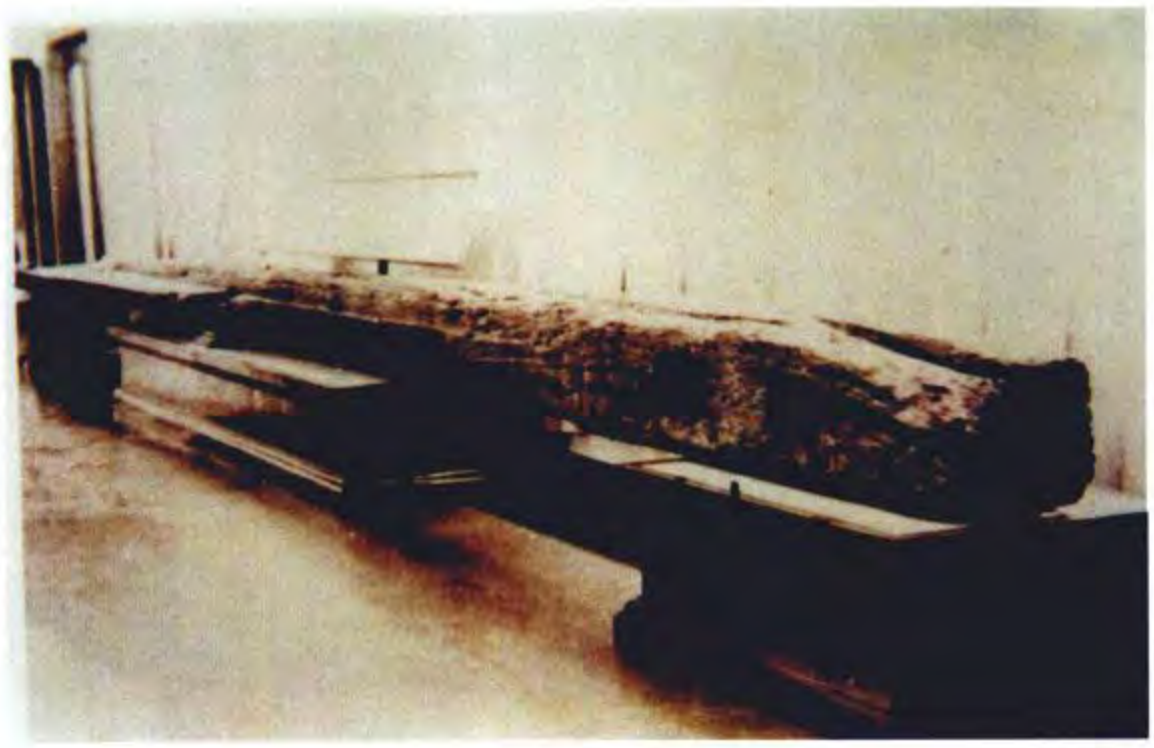


图 13-20　舵杆（明）

图 13-21　船用绞关木（明）

该图为 1965 年南京江东公社中保村出土的明代绞关木，长约 2.23 米。绞关木上有四个安装车关棒的卯孔。现藏南京博物院。

图 13-21　船用绞关木（明）

图 13-22　郑和宝船复原模型（明）

明代郑和下西洋，其船队所用的宝船是由南京的龙江造船厂和江苏太仓制造的。郑和船队的宝船，大船长四十四丈四尺，阔十八丈；中船长三十七丈，阔十五丈。该图为福建厦门集美航院制作的郑和宝船复原模型。长 126 厘米，宽 50 厘米，高 87 厘米。

图 13-22　郑和宝船复原模型（明）

图 13-23　货船（北宋）

该图为北宋张择端的《清明上河图》（现藏于故宫博物院）中的货船。其造型优美，线型光顺，船底平，吃水浅，是适宜在内河中行驶的船型。

图 13-23　《清明上河图》中的货船（北宋）

图 13-24　客船（北宋）

该图为北宋张择端的《清明上河图》（现藏于故宫博物院）中的客船。《清明上河图》中的客舟形象与货船略有不同，线型窄而长，船上的桅、篷、舵、锚、橹、索具等均一应俱全。具有宽敞整齐的上层建筑，充分考虑到旅客对航行速度和旅途生活舒适的要求。

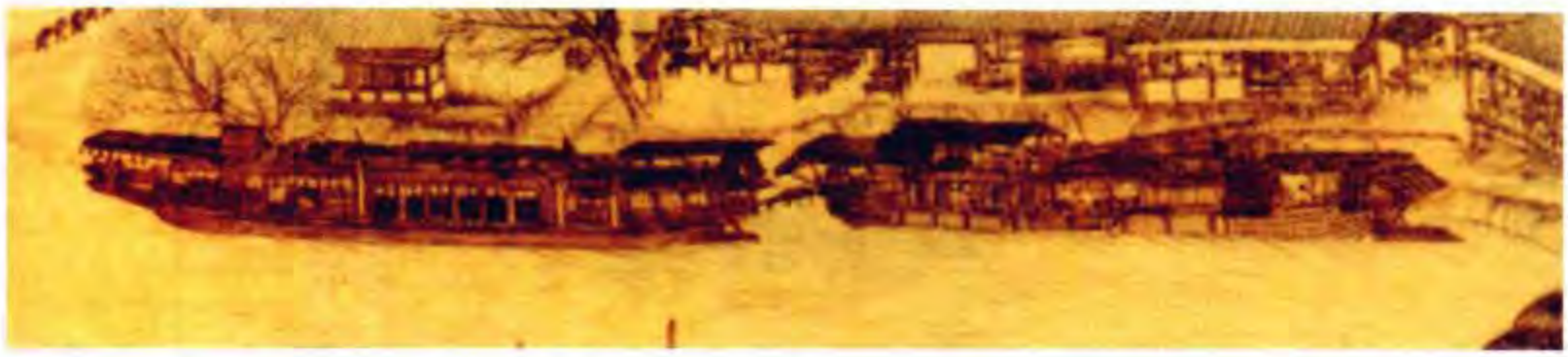


图 13-24　《清明上河图》中的客船（北宋）

图 13-25　漕船（清代）

为确保每年的运粮数量，各地拥有相当数量的漕船。该图为中国国家博物馆藏的清代乾隆年间画家江萱所绘的国画长卷《潞河督运图》中的漕船。原作高 48 厘米，长 690 厘米。

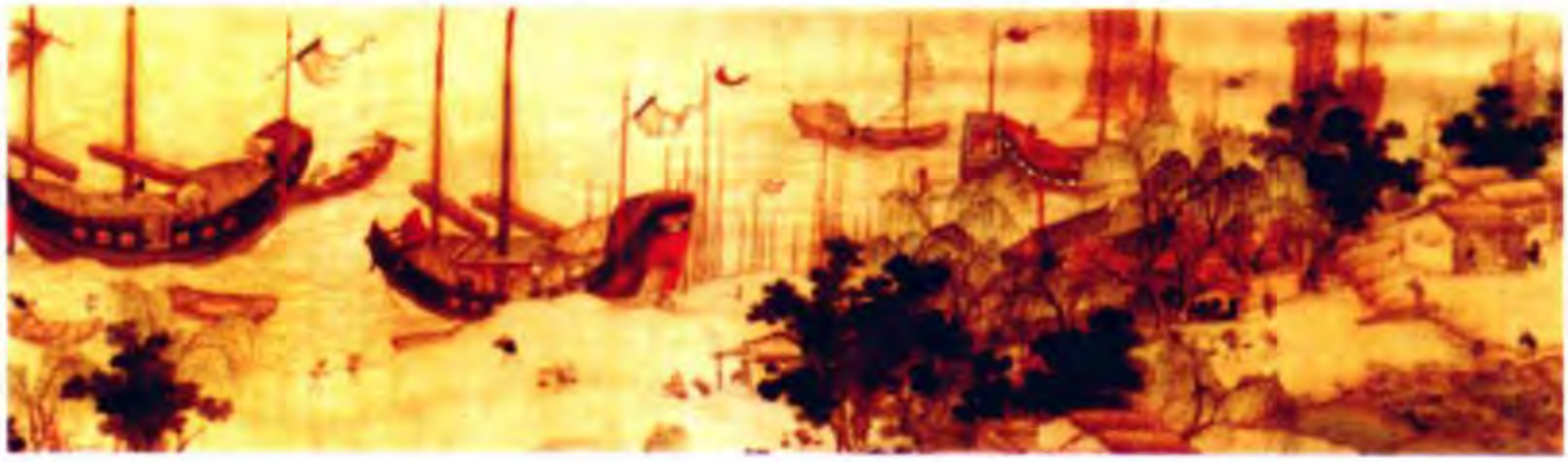


图 13-25　《潞河督运图》中的漕船（清）

图 13-26　车船

车，就是轮子的意思；车船就是以轮代替桨，利用人力脚踏转动轮子，使船得以行进。车船诞生于宋代以前，但长达数百年间无多大作为，直到南宋才迅速发展起来。该图为湖南博物馆设计复原的南宋杨么车船模型。

图 13-27　渔猎攻战纹铜壶（战国）

现存于故宫博物院的战国时代的《宴乐渔猎攻战纹铜壶》上的船纹图（素描），反映了战国时的水战情形和战船形制。我们从中看到当时已出现了双层底板的战船，双层底板既能加固船底又可增强水下防御。当时的战船上还设置了舱面甲板，扩大了船上人员的活动空间，战士可以在甲板上进行格斗；划桨手则隐蔽在舱内，只把桨的下半部露在外面。

图 13-26　杨么车船模型（南宋）

图 13-27　渔猎攻战纹铜壶（战国）

图 13-28　蒙冲（宋）

蒙冲是一种行速较快的轻型战船，以冲突敌方舰队而得名；体积瘦长，利于冲波破浪。一般用生牛皮蒙住船背，以防御敌方石矢。甲板舱室的前后左右都开有弩窗矛孔，既可以向四面发射石矢，又能用长矛攻击敌兵。蒙冲一般不大，务在捷速，乘人之不备，突袭敌军以制胜。船舷两侧设置较多的桨和棹，桨从棹孔伸入水中，战士在舱里划桨，敌人的矢石难以打中，所以船只不但能够保持战斗力，而且行动灵活快捷。在海战上，可以突然出击，以奇兵制胜。

图 13-28　《武经总要前集》中的蒙冲（宋）

图 13-29　斗舰（宋）

斗舰比蒙冲大，是一种攻击性的战船。船舷上安装了半人高、带锯齿形垛口的防护墙——女墙，可以掩蔽士兵的下半身；墙下开孔，桨、棹从孔中伸出，划桨手在船内划动，可免受伤害。甲板上建有棚，棚上又设置女墙，形成一个防御严密的高层战台，台上重列战士。前后左右竖旗帜金鼓，用来指挥作战。不但战斗力强，而且可以壮大舰队声势，是古代水军中重要的舰只。

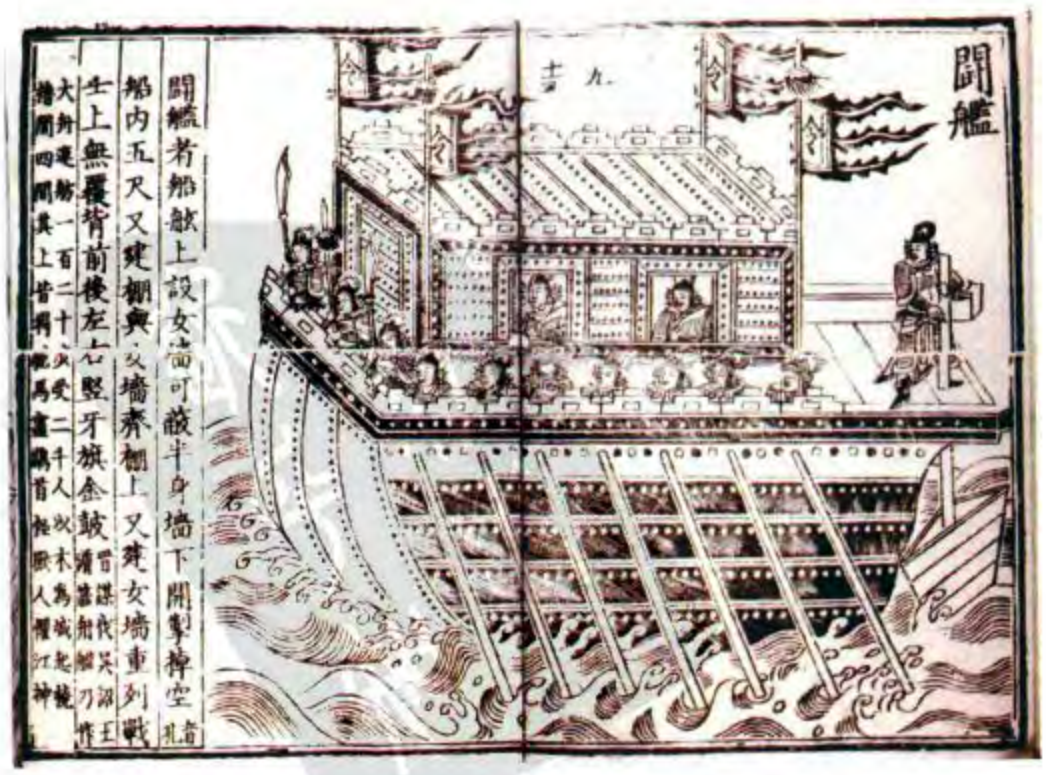


图 13-29　《武经总要前集》中的斗舰（宋）

图 13-30　海鹘船（宋）

海鹘船发明于唐朝，船型头低尾高，前大后小，船的外形模仿善于穿风掠浪的海鸟，适合划浪而行。船上左右设置浮板，在风浪中具有稳定船只的作用，又可阻挡侧浪，减轻船体横向摇摆，是一种比较不怕风浪的战船。宋元时期还对海鹘船进行了重大改革，使它具有更强的作战能力。

图 13-30　《武经总要前集》中的海鹘船（宋）

图 13-31　《武备志》中的福船（明）

图 13-31　福船（明）

福船高大如楼，底尖上阔，首昂尾高，两侧有护板，吃水四米，耐风浪，还有防火设备，可以载士兵一百人，全船分作四层，下层装土石压舱，二层住士兵，三层是主要操作场所，上层是作战场所。舱面设有木女墙和炮床，可以居高临下发射矢石火器，战斗力十分强。福船船头高昂，有坚强的冲击装置，能够乘风下压而犁沉敌舰，是明清两朝的主要战舰。明代抗倭大将戚继光在抗倭战争中，赞扬“福船乘风而下，如车碾螳螂”。

图 13-32　广东船（清）

该图为日本松浦史料博物馆藏《唐船之图》中的广东船。广船比福船更加庞大和坚固，特别是火力配备更强，既可释放火炮，又可抛掷火球，是一种攻击力很强的战舰。另外，广船两旁搭架摇橹，风篷札制俱与福船不同。广船不仅以强大火力取胜，而且可与敌船直接碰撞，击沉对方。

图 13-32　《唐船之图》中的广东船（清）

图 13-33　沙船（明）

沙船为方首方尾，平底。它的甲板面宽敞，船的型深小，干舷低，适宜在浅水航道航行。船上采用大梁拱，使甲板能迅速排浪，船舱也采用多水密隔舱结构。沙船原是一种近海运输船，战时也被征来运兵。

图 13-33　《武备志》中的沙船（明）

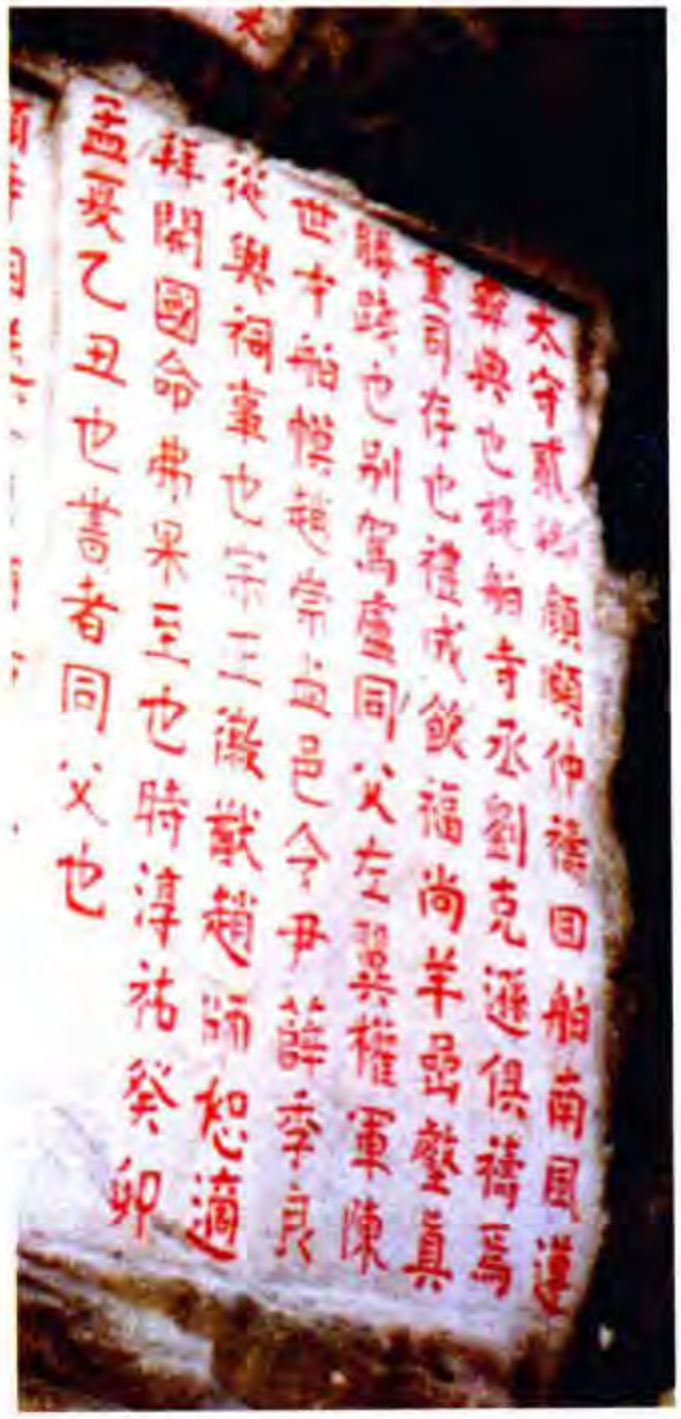


图 13-34 泉州九日山宋代祈风石刻

图 13-34 季风的利用

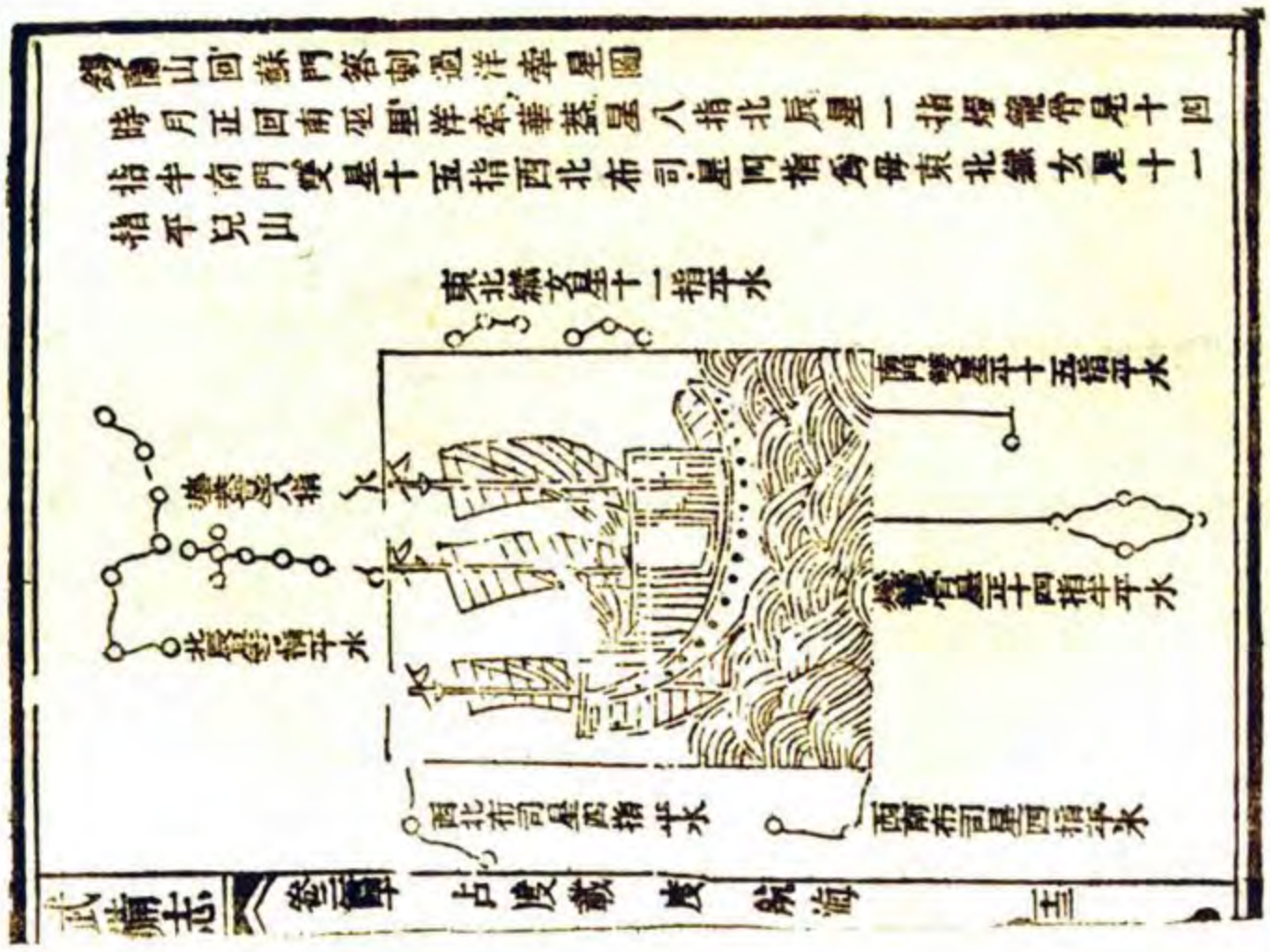
我国大约在汉朝就利用季风来进行远洋航行了。那时候，我国已开辟了通往日本、朝鲜、印度支那、马来半岛、印度尼西亚的航线，并且通过马六甲海峡进入印度洋，跟印度、斯里兰卡以及伊朗有了交往。如果说汉朝对季风的利用还存在着不自觉的因素的话，那么唐宋以后，人们已经非常自觉地、有意识地利用季风来进行航海了。对于东南亚的太平洋和南亚的印度洋航线来说，船舶十一、十二月就北风去，五、六月就南风回。而对于通往朝鲜、日本的东北亚航线，对季风的利用正好相反，是南风航海北风回。泉州宋代祈风石刻反映了我国古代先民利用季风航海的情况。

图 13-35 过洋牵星术

在指南针发明以前，人们是利用日月星辰来判定方向的。我国最迟在公元前 2 世纪的西汉初期就已经利用天文知识来导航了。大约在元明时期，我国开始利用牵星术来观测船舶所在地的地理纬度。牵星术是利用一种叫牵星板的简便工具来进行的。牵星板用乌木制成，一幅是十二块正方形木板，从小到大，最小的每边大约二厘米，每块大约递增二厘米，最大的每边大约二十四厘米。它的单位叫做指，分别是一指、二指、一直到十二指，一指相当于现在的一度半左右。另外又有用象牙制成的一个小方块，大约六厘米长，四角刻有缺口。缺口四边的长度分别是半角、一角、二角、三角，一角是四分之一指。使用的时候左手拿着牵星板一端的中心，手臂伸直，让木板的下边缘保持水平线，上边缘对准所观测的星体，这样就可以测出船舶所在地所看到的星体距离水平线的高度。高度不同可以利用十二块牵星板和象牙板替换调整。在测得星体高度以后，就可以计算出船舶所在地的地理纬度。

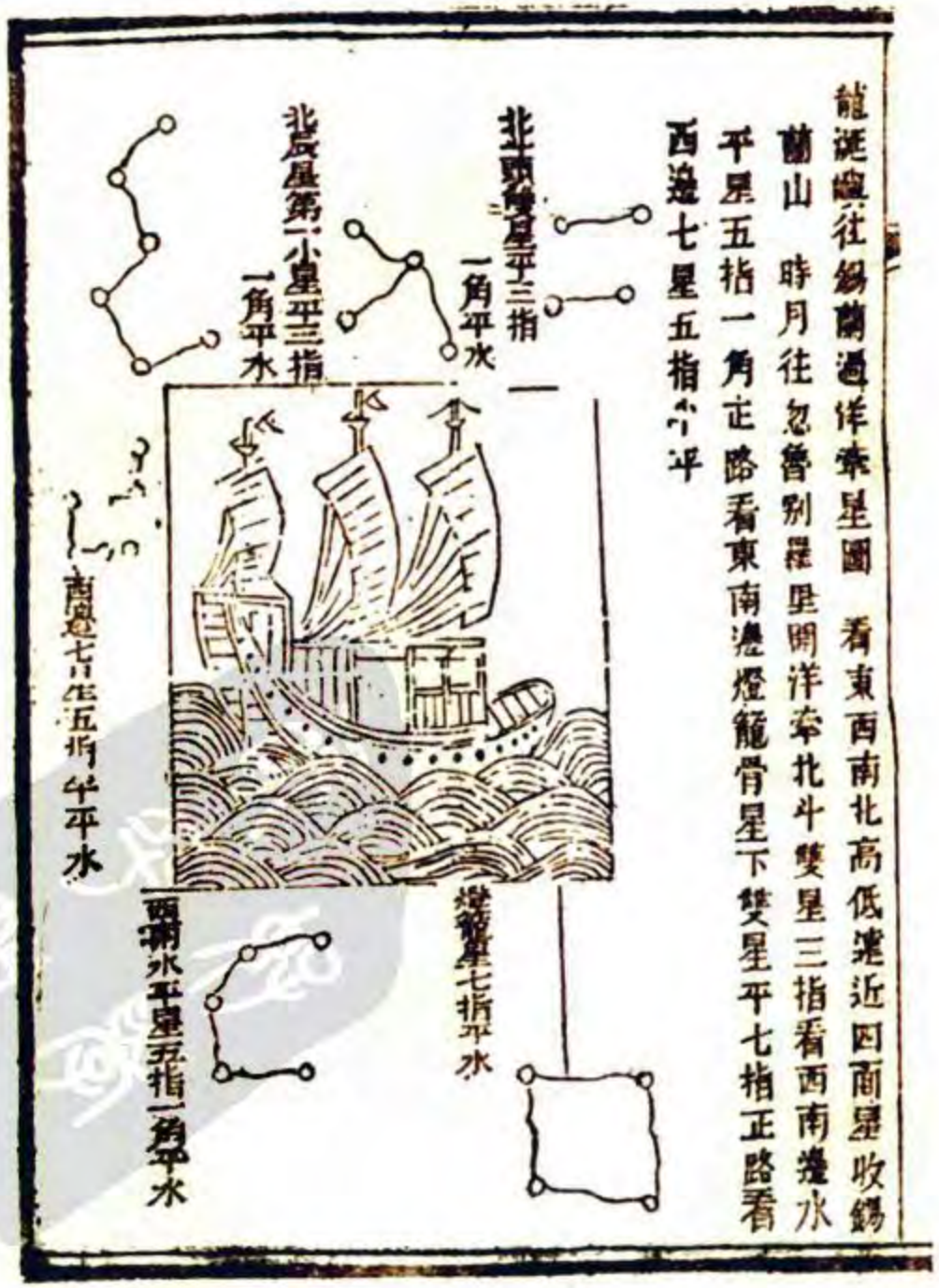
图 13-36 指南针

在北宋末期，我国已经把指南针作为导航仪器，应用在航海事业中。但当时的指南针装置使用的是水浮法，就是后来所称的水罗盘（参阅图 6-53）。指南针的浮针是把磁化了的铁针穿过灯心草，浮在水上，磁针就可以在水面上转动来指引方向。指南浮针传到欧洲以后，欧洲人很快加以改进，制成了旱罗盘，就是磁针放在钉子尖端，可以自由转动，就像现在常用的指南针一样。我国在明嘉靖年间，吸取了旱罗盘的制作方法，开始使用旱罗盘。


舒圖山回蘇門答剌過洋牽星圖
時月正回南巫里洋牽星華甚星八指北辰星一指帶帶骨星十四
指指牛宿門雙星十五指西北布司星四指魯東北織女星十一
指平兀山
東北織女星十一指平水
南門雙星十五指平水
織女星十四指平水
北辰星指平水
西北布司星四指平水
西南布司星四指平水
武備志　卷二百四十　占度載度航海
丁卯仲夏八
指着西北布司星十一指丁得把着閘剌答撒坊着北辰星十四指
東北織女星七指平水
南門雙星六指平水
丁得把着過洋牽星八指平水
到沙馬姑山着北辰星十四指平水
西北布司星十一指平水
西南布司星九指平水

牽星图之二

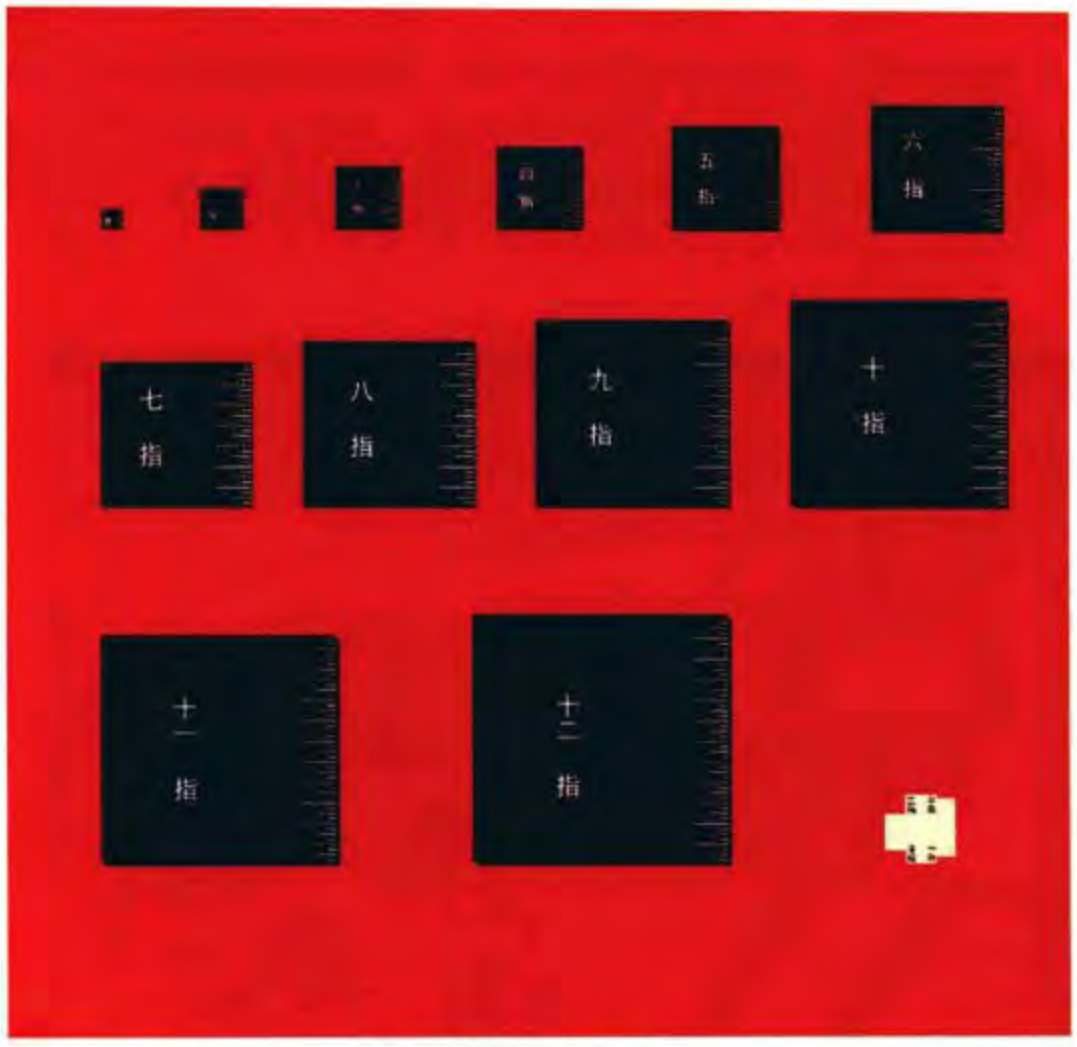
牽星图之一



牽星图之三

牽星图之四

(a)《武备志》中的过洋牵星图（明）



(b) 牵星板的复原图

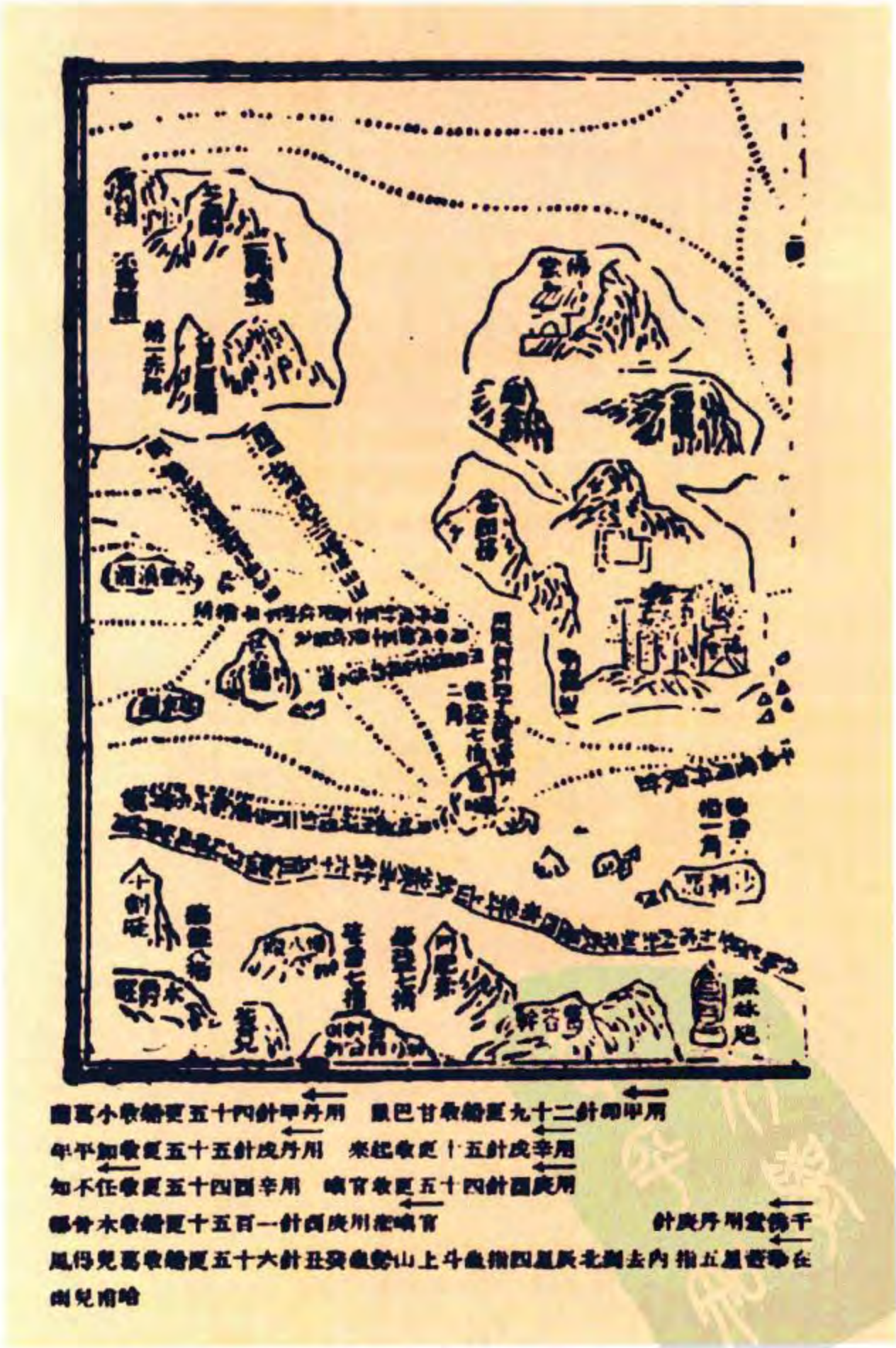
图 13-35　过洋牵星术

图 13-36　指南针导航示意图

图 13-37　针经和航海图（明）

用指南针导航所绘的航线图称针路，记录指南针导航的航海手册叫针经。我国在宋朝就

有针路的记载和航海图的绘制。可惜现在已经失传，现存的针路著作和航海图都是明朝以后的。著名的有《郑和航海图》、《两种海道针经》等。这些针路和航海图，详细记录了我国船舶航行在东北亚、东南亚、印度洋直到东北非的航线，反映了在明初我国的航海技术仍处在世界的领先地位。直到16世纪初葡萄牙人在东南亚航行的时候，仍旧袭用我国的针路。


麻林地
龙涎屿
十屿
龙涎屿
满剌加
苏门答剌
锡兰山
龙涎屿
龙涎屿
龙涎屿

第十四章　水　　利

这里选择的30幅中国水利学史图片，反映了中国五千年来的水利发展过程。从最早的大鲧、大禹父子治水开始，经过春秋战国、秦、汉、隋、唐、宋、元、明、清的各项水利工程，它包括灌溉（如各个历史时期的灌溉渠道和陂、塘工程）、水运（如各个历史时期开凿的运河工程）、治河（主要是治理黄河、淮河工程）、海塘、江防、海防等。其工程技术逐步提高，经验越来越丰富，涌现了一大批著名的水利专家和水利著作，包括水利地图。

有的水利工程由于年代久远，文献遗失，只留存一些遗迹、遗址，它们成了今天人们认识古代水利工程的一把钥匙、一把尺子和一面镜子。

此外，古代还留下了测量水位的水尺，记载洪水水位和枯水水位的题刻。这些是今人认识古代水文知识和水位变化规律的宝贵资料。

唐代的水利立法，唐《水部式》展现了古代水利工程的管理办法。利用水力加工农产品不得妨碍农业灌溉，农业灌溉排在首要位置。此外，对河渠、舟楫、桥梁和水运也提出了一套比较完备的法规。

这些图片反映了中国古代人民与水害进行不屈不挠斗争的历史以及他们的智慧和勇气。同时也反映了中国古代人民在利用水利方面的聪明才智。许多经验直到现在仍有现实意义，可以借鉴。由于水利方面的图像很多，这里只能选一些代表作品，挂一漏万不可避免。

图 14-1　大鲧治水图

《大鲧治水图》载清朝孙家鼐等撰《钦定书经图说》。大鲧是中国历史上第一位著名治水专家，大禹的父亲。尧时封在崇（今陕西祁县东）的方伯，人称“崇伯鲧”。当洪水来临时，尧派鲧去治水，一去九年，也没有把水患治好。原来鲧治水的方法不大对头，他总是用堙和障的方法治水，结果失败。舜将他放逐到羽山治罪。

图 14-2　治水庆功图

《治水庆功图》在开封禹王台石刻画中，这是其中的局部。大禹是鲧的儿子，部落首领，姓姒，名文命。鲧治水失败后，舜命禹接替父亲去治水患。禹总结了父亲治水失败的教训，把单一的堙障法改为堙障与疏导相结合的方法，经过十三年的努力，水患消除了，大禹治水成功了。舜为了表扬禹的功绩，开了庆功会。此图即反映当时大禹治水，三过家门而不入的场面。

图 14-3　大禹陵（浙江绍兴）

大禹陵又称禹陵，在浙江绍兴市东南6公里，传说是夏禹的陵墓。陵背负会稽山，面对亭山，前临禹池，旧有陵殿，已废。1979年重建大禹陵碑亭，内立明人南大吉书“大禹陵”巨碑。亭南有禹穴辨碑和禹穴碑，系前人考辨夏禹墓穴所在而立。陵右侧建有禹庙。

图 14-1　大鲧治水图

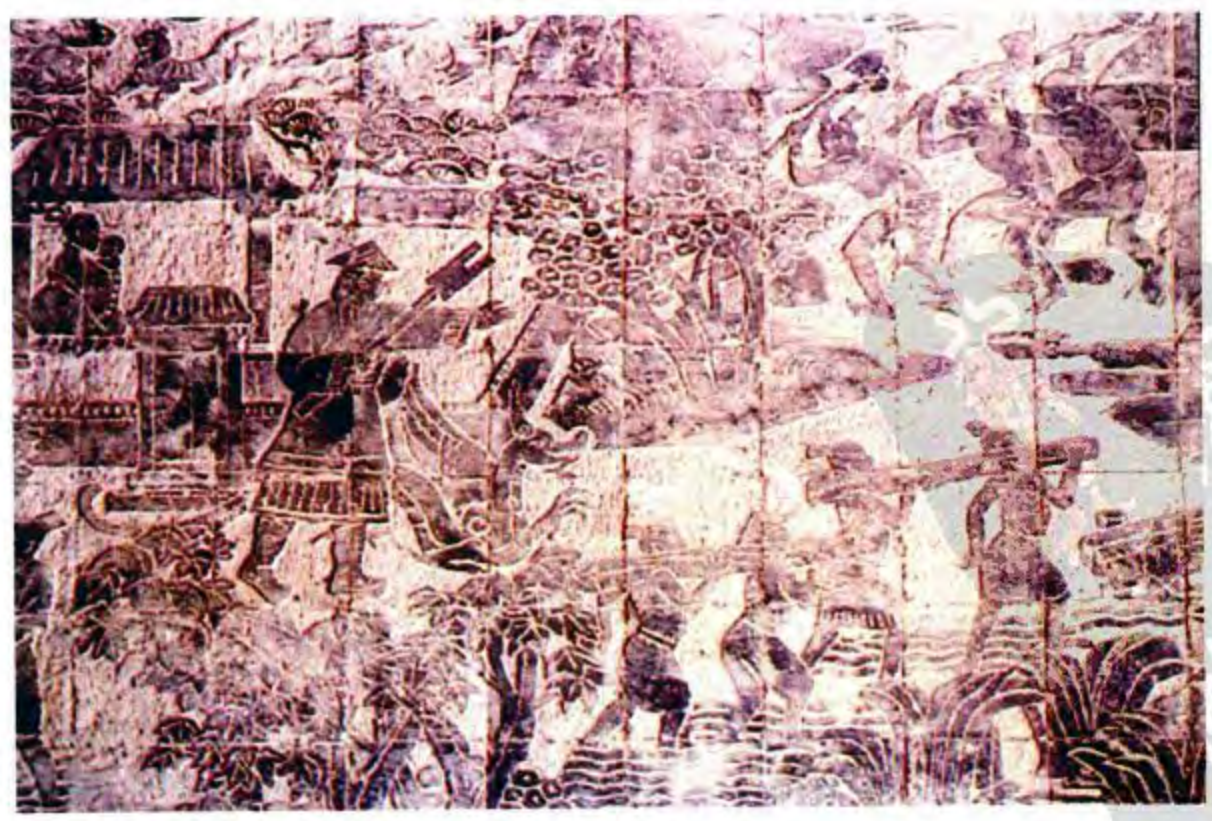


图 14-2　治水庆功图（局部）

图 14-3　大禹陵（浙江绍兴）

图 14-4　禹王庙

禹王庙又称禹庙，在浙江绍兴市禹陵右侧，中祀夏禹。史籍记载，夏启和少康都曾建禹庙，但已难考。今庙始建于南朝梁初，历代屡建屡毁。现存大殿系 1934 年重建，其他部分大都系清代重建，正殿内有大禹立像，以纪念这位治水有功的部落首领。

图 14-4　禹王庙

图 14-5　邗沟

春秋末期，公元前 486 年，吴国国王夫差为了北上中原与诸侯争霸，便在邗地（今江苏扬州东南）筑城，并向北开凿运河，借助天然水道，经射阳湖至末口（今江苏淮安县北 5 里）入淮，首次沟通了长江和淮河，这就是邗沟。后人又称为韩江，其作用是运输物资。它是最早的水利工程之一，也是南北大运河的开端。它既可贯通江淮，又可北通泗水，西接济水，沟通淮河与黄河。

图 14-5　邗沟

图 14-6　《都江堰图》

《都江堰图》原载清乾隆五十一年（1786）《灌县志》，它反映了都江堰这个伟大的水利工程的基本结构。战国末，公元前 256 年，秦蜀守李冰主持修建了都江堰，它由分水鱼嘴、宝瓶口、飞沙堰三部分组成。其结构合理，效益显著，历经两千多年，至今仍在发挥灌溉效益，使成都平原成为天府之国。

图 14-7　灵渠

秦始皇统一六国后，为了克服五岭障碍，解决从中原运送军粮、军需品到南岭各郡的问题，派史禄主持于公元前 214 年开凿了灵渠，沟通了长江和珠江水系。它利用兴安河谷位于越城岭与都庞岭之间，是湘江、漓江的分水岭，相距仅 2 公里，水位差只有几米，引水方便。只要在湘江上游筑坝截流，挖通湘、漓之间的渠道，就可以沟通长、珠水系。实际施工正是这样安排的。此图为莫杰著《灵渠》一书的封面照片（经技术处理）。

图 14-6　《都江堰图》

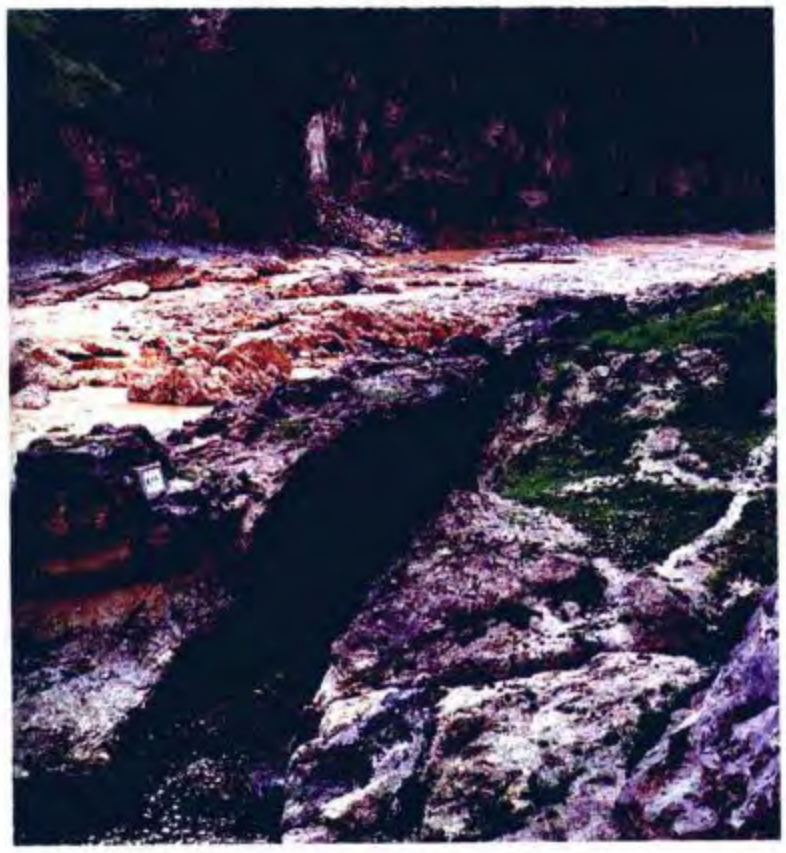
图 14-7　灵渠

图 14-8　郑国渠

郑国渠是秦始皇元年（公元前 246 年）由韩国水工郑国以疲秦之计设计开凿的。渠首开在陕西云阳县西里的仲山，干渠向东，横穿冶峪水、清峪水、浊峪水、石川河，经富平县南注入洛水，全长 200 余里，渠道宽 24.5 米，堤高 3 米，深约 1.2 米，规划灌溉面积 280 万亩，几乎与都江堰的灌溉面积相等。前后花了十余年才建成。这里选的两幅照片为郑国渠渠首遗址和引水渠遗址。

图 14-9　汉白渠渠口

汉武帝太始二年（公元前 95 年），在赵中大夫白公建议下，开挖了白渠。它位于郑国渠之南，首起谷口，东经宜春城南，又东经池阳城北。渠引泾水，尾入渭中，长 200 里，灌溉田 4500 余顷，效益显著。对泾河下游的农业发展起了巨大的作用。这张照片为汉白渠渠口遗址。



(a) 郑国渠渠首遗址

(b) 郑国渠引水渠遗址

图 14-8　郑国渠

图 14-9　汉白渠渠口遗址

图 14-10　新疆坎儿井

干旱地区利用水平隧洞导引地下潜流，实现地表自流灌溉的暗渠工程。中国的坎儿井主要分布在新疆维吾尔自治区吐鲁番和哈密地区。当地气候干燥，夏季高山积雪融水渗入戈壁，形成较丰富的地下水潜流，可以利用。新疆坎儿井成因之一是由西汉时关中的井渠演变

而成。它顺地面坡度布置，分竖井和暗渠两部分，暗渠首段是集水部分，中间是输水部分，出地面后有一段明渠和一些附属工程。开挖时，先打一眼竖井，称定位井。发现地下水后，沿拟定渠线向上下游分别开挖竖井，作为水平暗渠定位、出渣、通风和日后维修孔道。竖井间距大致与竖井深度成一定比例。暗渠长度从几公里到 20 公里。用暗渠输水在干旱地区可以大大减少蒸发量。暗渠在下游出口（称龙口）接明渠，一般还引入蓄水池（称涝坝）中，以调节灌溉水量。一条坎儿井灌田数十亩至数百亩不等。根据 20 世纪 50 年代的统计，新疆坎儿井在 1600 条以上，总长度不少于 5000 公里。是中国一项大型水利灌溉工程，而且历史悠久。

图 14-10　新疆坎儿井

图 14-11　治水画像石

东汉治水画像石，纵 105 厘米，横 64 厘米。1956 年江苏铜山苗山出土，现藏徐州博物馆。石上刻日轮，内有金乌，右刻一兽首蛙足人身的怪物，怀抱太阳，口中喷出巨水遮盖日光，似为洪水滔天。中刻一惊恐奔腾的马，应为鲧窃息壤治水，被帝令祝融杀于羽郊。下刻一豕，口衔明珠助禹，禹承父志，以堙障疏导并用，治水成功。

图 14-12　唐龙安陂门

唐朝建中年间（780～783）在福建莆田县北 7 里修筑了延寿陂，灌田 400 余顷。其闸门叫龙安陂门，为插板重力式结构，两孔水闸，孔宽 2.5 米，闸高 5 米，两侧墙各长 4.5 米。其闸座由条石浆砌，在闸槽中间留有启闭闸板的闸槽，闸板则由横跨闸门叠放的木闸板组成，通过启闭闸板，达到控制过闸流量的目的。

图 14-11 治水画像石

图 14-12 唐龙安陟门

图 14-13 唐《水部式》

唐《水部式》系敦煌所出残卷，在罗振玉的《鸣沙石室佚书》中刊出。这是唐代一套比较完备的水利、水运等方面的法令，对河渠、灌溉、舟楫、桥梁和水运提出若干规定。其中规定水碾、水硙（即石磨）一类的设施不得妨碍农业灌溉。这是现存最早的全国性水利法规，是中央的水利立法。由于残缺，仅有 29 个自然条，约 2600 余字。

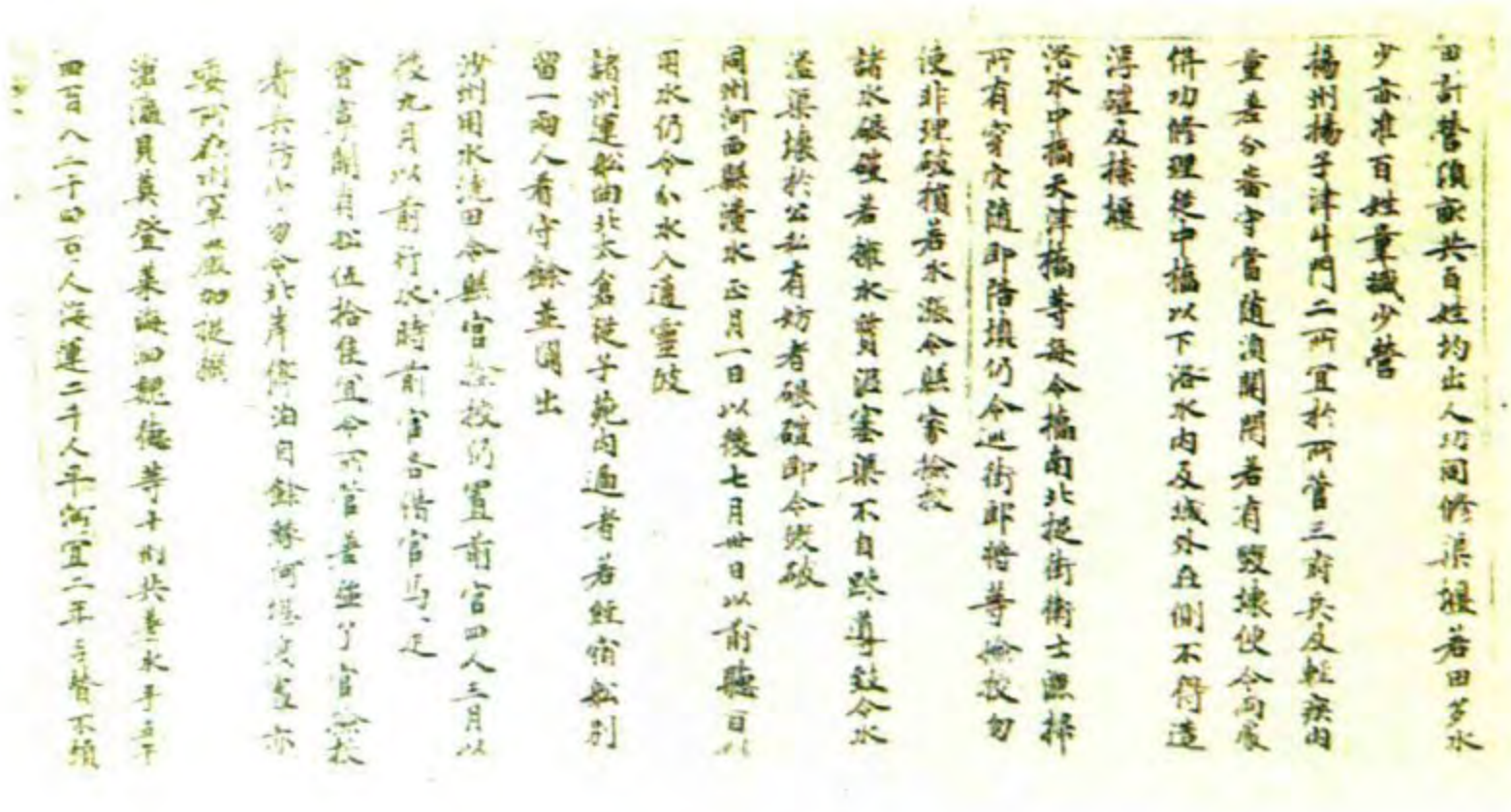


图 14-13　唐《水部式》

图 14-14　莆田镇海堤

镇海堤为海塘护岸工程。福建莆田的镇海堤，始建于唐元和八年（813），为土塘。清道光七年（1827）重建，改为石塘。填青龙港 180 米，筑石堤 3340 米，堤高 3 米，底宽 2.4 米，面宽 1.2 米。海塘工程经历了由土塘、柴塘、竹笼塘、石囤塘发展到鱼鳞大石塘。宋以前为土塘，外加植物根系和枝条消浪护滩护塘。宋以后逐渐改为砌石海塘，明清砌石海塘发展，清代为鱼鳞石塘。

图 14-14　莆田镇海堤

图 14-15　大运河

隋朝形成的南北大运河，是世界上最长的运河。全长 2700 多公里。它由通济渠、山阳渎、永济渠和江南运河联络而成。开凿时间前后不一。它以洛阳为中心，北通涿郡，南达余杭，把钱塘江、长江、淮河、黄河、海河五大水系联系起来，成为南北水运大动脉。此后经过元、明、清三代的维修和改造，形成了京杭大运河，它不再绕行中原洛阳，而是经过通惠河、济州河和会通河直通山东至北京。缩短了距离 910 公里。北京通州至天津这一段叫北运河。下列图片为北运河的平津闸遗址和码头，以及大运河上的船闸、船过闸情形。

(a) 北运河平津闸遗址

(b) 北运河起点通州张家湾码头

(c) 大运河上的船闸

(d) 大运河上的船过闸

图 14-15　大运河

图 14-16　宋丰利渠

陕西引泾水的秦国郑国渠（今泾惠渠），西汉为白渠，合称郑白渠。唐代称三白渠。北宋时将引水口上移，改称丰利渠。渠首现存水尺与闸槽以及渠首遗迹。公元 1108 年，共修石渠 3141 尺，土渠 3978 尺，灌溉面积号称 2 万余顷。下列图片为丰利渠渠首及水尺与闸槽遗迹图。

(a) 宋丰利渠渠首　　(b) 宋丰利渠水尺与闸槽

图 14-16　宋丰利渠

图 14-17　宋洪水题刻

据调查，现存于长江干、支流各河段的洪水题刻约近 1000 起。长江上游干流宜昌至重庆段洪水题刻约有 100 多段，其中宋代的 5 段。这些洪水题刻，真实记录了当时洪水水位，有很高的历史价值和科学价值，为今人研究长江洪水规律提供了证据。有的洪水题刻还有具体的时间，如云阳龙脊石的石刻，今已被三峡水库淹没，其题刻“丁亥宝庆三年六月初七日”，即公元 1227 年阴历六月初七日。这样的题刻更有价值。

(a) 题刻 1　　(b) 题刻 2

图 14-17　宋洪水题刻

图 14-18　涪陵白鹤梁及石鱼

位于重庆市涪陵县长江南岸的白鹤梁石块上，刻有两条石鱼和不少文字题刻。这是一种记载长江历史上枯水水位的题刻，其上刻了唐、宋以来的 72 个枯水年。长江宜昌、重庆段有枯水题刻群 11 处，共有题刻 362 段，其中宋代题刻多达 100 多段。除了涪陵石鱼外，还有重庆朝天门嘉陵江石梁中部的水下石盘上的丰年碑，它记录了汉至宋 17 个枯水年，是长江宜渝段最早的枯水石刻。重庆云阳龙脊石题刻共有 170 多段，以宋代的 30 段为最多，可获得 50 多个枯水年的记录。涪陵白鹤梁石鱼现已在三峡水库中，建了原址博物馆保存。

(a) 涪陵白鹤梁

(b) 涪陵石鱼 1

(c) 涪陵石鱼 2

图 14-18　涪陵白鹤梁及石鱼

图 14-19　宋代莆田木兰陂

木兰陂位于福建莆田木兰溪上，宋治平元年至元丰六年（1064～1083）近 20 年中，经过 3 次建坝兴毁才建成。它布局巧妙，因地制宜。既便于蓄水，又利于排洪。现存陂长 111.13 米，高 7.25 米。设计适应了洪、枯水不同时期流量悬殊的特点，充分发挥了引蓄和泄洪的作用。是我国沿用至今 800 多年未废的古代水利工程。

图 14-20　金中都（今北京）水关遗址

此水关遗址位于金中都南面正门丰宜门处。据学者考证，丰宜门在祖家庄南，石门村东，西铁匠村北凉水河上，民国时仍存石桥，似为丰宜门护城河桥，门在其北。1990 年在北京右安门凉水河以北 50 米处，发现了距今 850 年前金代中都丰宜门水关遗址，它是由城内向南护城河（今凉水河）排水的涵洞，长 21.35 米，宽 7.7 米。南北两端的出水口和进水口分别宽 12.8 米和 11.4 米。涵洞底部距现地表 5.6 米。现存涵洞基础均为条石砌筑，条石下面是竖直夯筑的木桩，以增加地基承载力。

图 14-19　宋代莆田木兰陂

图 14-20　金中都（今北京）水关遗址

图 14-21　李好文《长安志图》中的“泾渠总图”（元）

这是元代李好文《长安志图》中的一幅灌溉水利图，方位上北下南，反映元代延祐五年（1318）至至正四年（1344）这 26 年间泾水与石川河之间的河渠状况。在灌溉渠道系统中，此图的绘制不仅时间早，而且内容丰富。此图集现藏中国国家图书馆。泾水与石川河之间的灌溉渠道，秦为郑国渠，汉为白渠，宋为丰利渠，元为石渠。这个历史沿革在图上有反映。

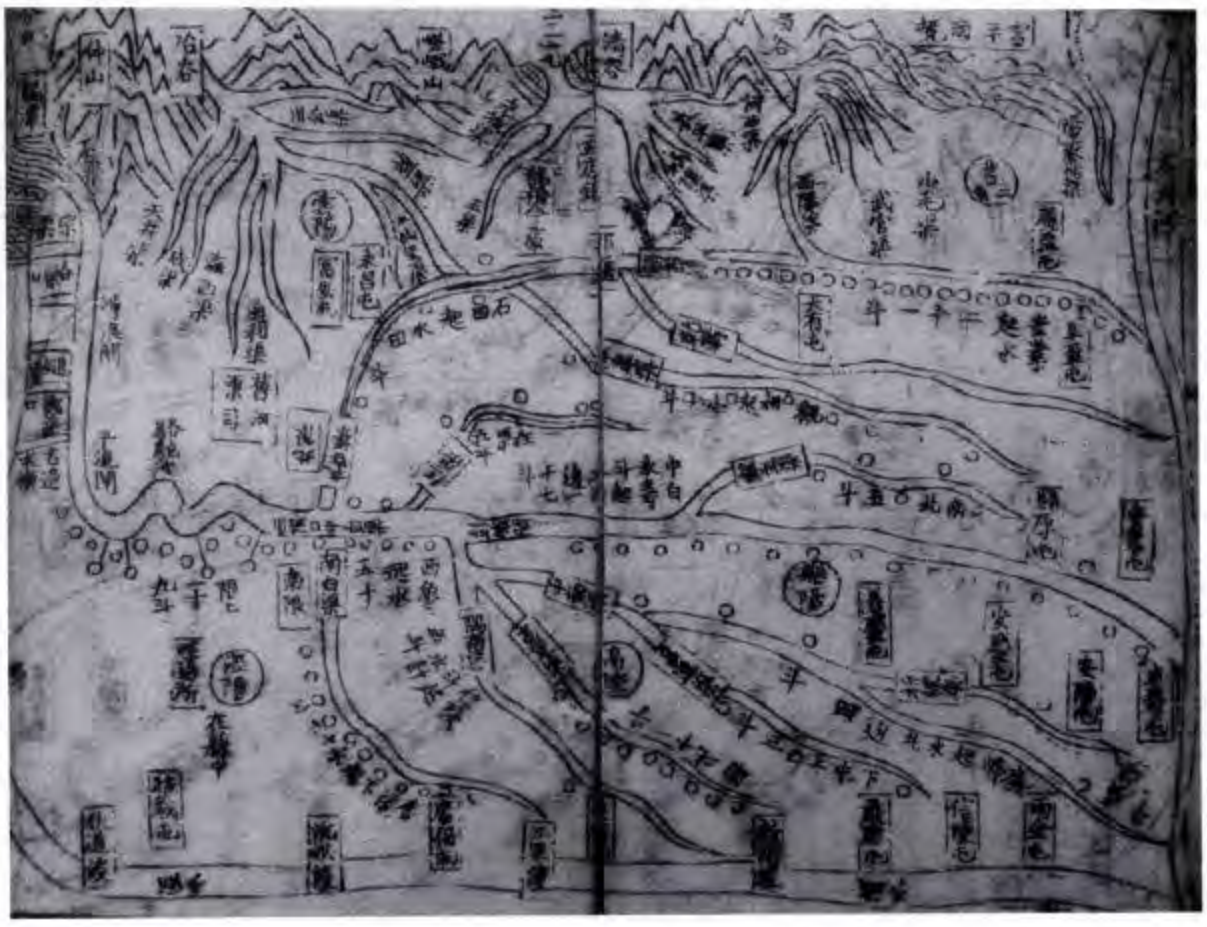


图 14-21 李好文《长安志图》中的“泾渠总图”(元)

图 14-22 富平县境石川溉田图

这也是《长安志图》中的一幅灌溉水利图，其范围没有《泾渠总图》大，内容也较简单，没有斗门，仅有渠道名称。这些渠道名称与元人骆天骧编纂的《类编长安志》的记载符合。

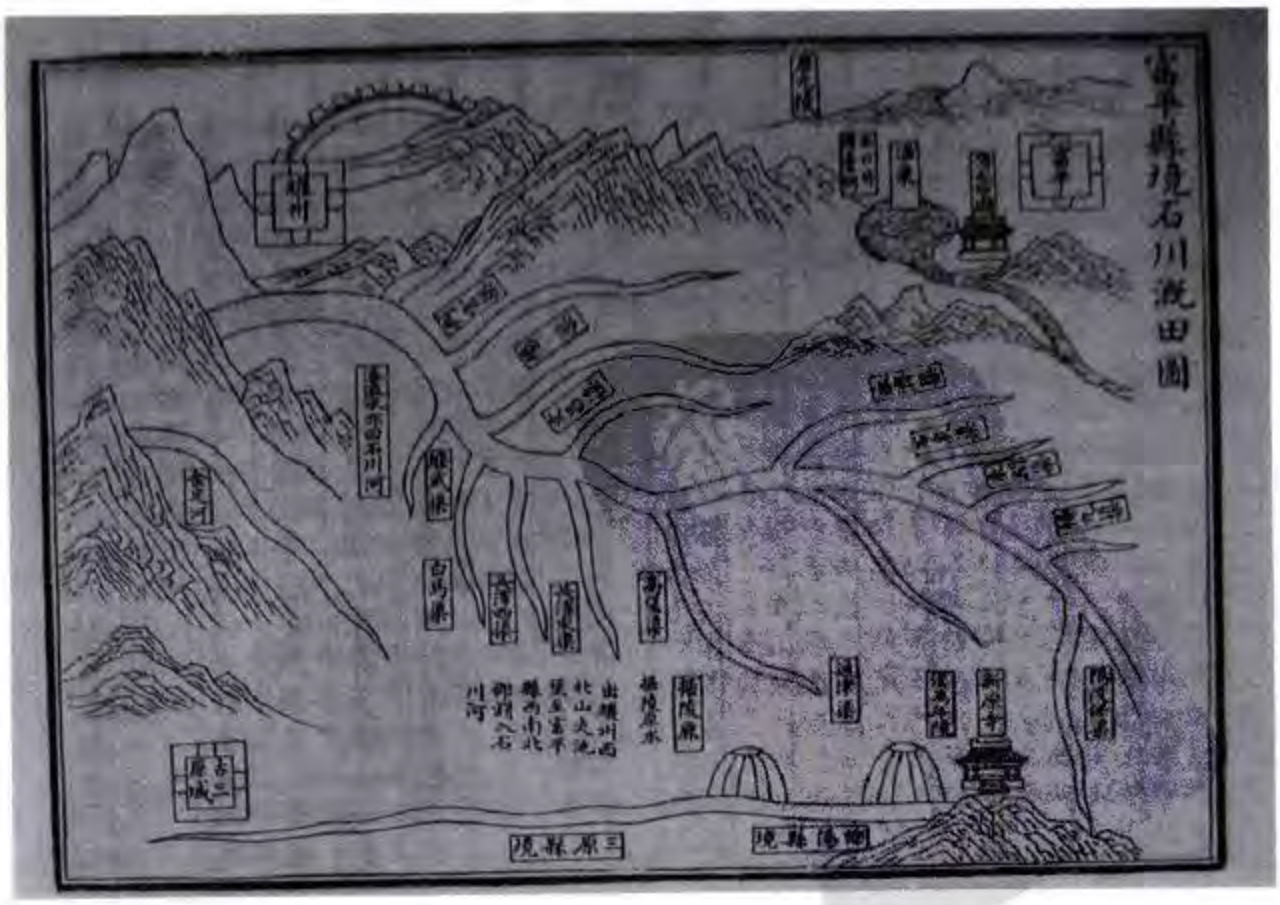


图 14-22 富平县境石川溉田图

图 14-23　黄河坝埽

黄河坝埽是保护河堤和护滩的工程措施。“堤身坐湾迎溜之处，全赖埽工御水。”为加固迎溜处的堤防强度，需要修建石工或埽工建筑物，以抵御溜势冲激。坝埽护滩，在黄河沿岸设置了许多，它逼临河滨，以维持河势稳定。坝埽护滩工程在清代仍有兴建，保护滩地以增强防洪能力具有重大的作用。

图 14-23　黄河坝埽

图 14-24　金刚堤

金刚堤又称金堤，汉代人称黄河大堤为金堤。自汉迄宋，在古河道长期行经的地方形成多重大堤，当地群众和一些文献也称这些堤防为金堤。自汉以后，也多用“金堤”泛指其他修筑坚固的堤防。这里的金刚堤是指黄河两岸连贯堤防，它是在防止洪水决溢的前提下，尽量让水流向黄河主槽靠拢。

图 14-24　金刚堤

图 14-25　江防海防图（明）

江防海防图是把江防与海防合为一幅自左至右的一字展开式长卷图。江防图其范围自江西瑞昌县开始向下游展开至上海吴淞口。海防图则自金山卫绘至浙闽交界的流江水寨。图为纸本彩绘，作者不详。现藏中国科学院图书馆。绘图时间约为成化八年（1472）至天启元年（1621）之间。图上绘有城镇、巡检司、巡司、墩和烽堠等防御机构，某些地段注记有里程数。

(a)　江防海防图（局部，福建流江水寨部分）（明）

(b) 江防海防图（局部，舟山港部分）（明）

图 14-25　江防海防图（明）

图 14-26　《黄河图说》碑拓片（明）

《黄河图说》碑是明代刘天和在陕西刻石的，今藏西安碑林。其碑有图有说，其说约有 3700 多字，由三部分组成：① 明代黄河五次入运的情况；② 叙述古今治河要略；③ 刘天和的治河意见。其图约占全碑总面积 2/3，以传统方法绘制。山为写景式，海水用波浪表示，河流用双线勾画，防洪大堤用粗曲线表示。全图保存了明代中叶黄河、运河流向的真实情况。

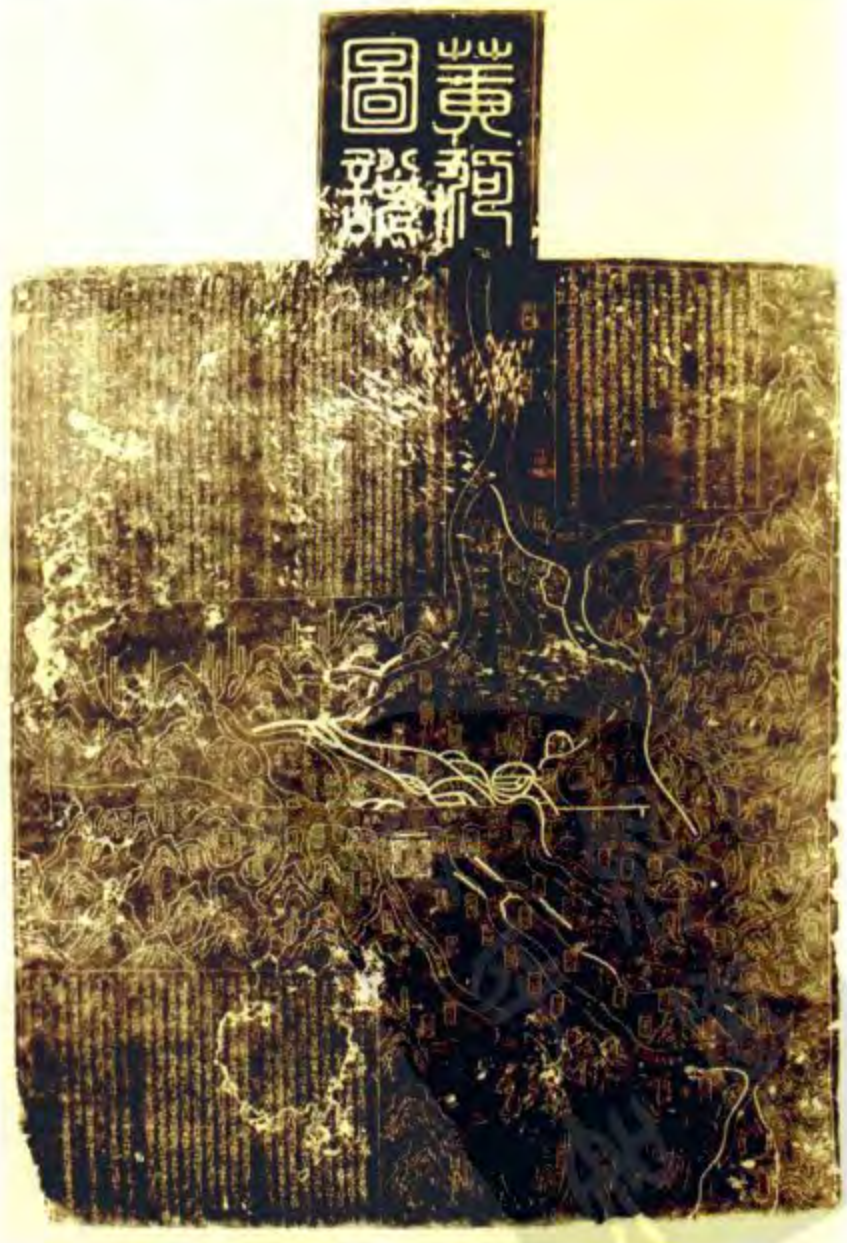


图 14-26　《黄河图说》碑拓片（明）

图 14-27　《黄河河工图》（局部，济南至黄河穿过运河部分）（清）

《黄河河工图》是清朝同治年间（1862～1874）辅河通米查筠绘。它采用中国古代河图的传统画法，按河水流向自右向左连续绘出黄河两岸堤工及各段河防厅、汛界线、沿河重要山脉、城堡、村镇等，是一幅以黄河河工为主的专题地图。全图折叠装裱成两册，上册长 275 厘米，下册长 124 厘米。现藏中国国家图书馆。

图 14-27　《黄河河工图》(局部，济南至黄河穿过运河部分)(清)

图 14-28　河防一览图（明）

《河防一览图》由明代治河专家潘季驯组织同僚于万历十八年（1590）绘制。反映了万历十六年至万历十八年间三省直（河南、山东、南直隶）修筑堤防的情况。图为绢本彩绘。就图中方位而言，黄河与运河是不相同的。大体说来，黄河以上为南，下为北，左东右西；运河则以上为西，下为东，左南右北。作者将黄河图和运河图平行地组织在一个画面上，使读者一目了然地了解到两河全部河防情况。现藏中国国家博物馆。

(a)《河防一览图》(局部，淮安府部分)(明)

(b)《河防一览图》(局部，临洮府部分)(明)

(c)《河防一览图》(局部，镇江府部分)(明)

图 14-28　河防一览图（明）

图 14-29　长江中下游和运河合图（清）

此图纵 30.9 厘米，横 944.7 厘米，为江南洞庭湖、鄱阳湖、太湖流域漕粮沿长江和大运河输入北京的运粮路线图。把长江自荆江以下至海口段与大运河全程，绘在一幅近 10 米的长卷上，除了河道、湖泊外，还有府、县码头和重要闸坝等水利工程。未注绘图的作者和时间。按图中内容判断，约在乾隆后期绘制。现藏中国国家图书馆。

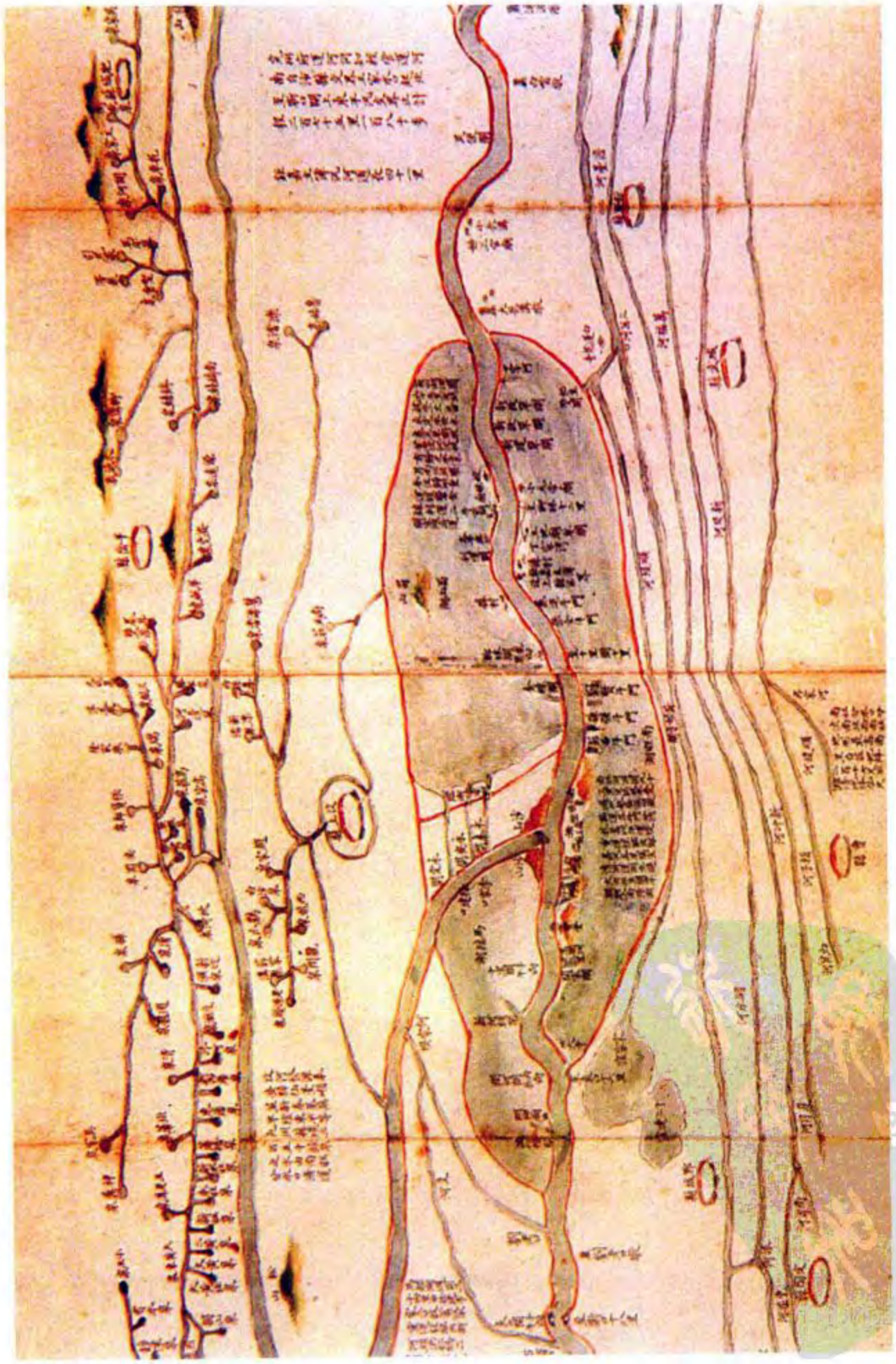
(a)《长江中下游和运河合图》(局部，徐州至淮安)(清)

(b)《长江中下游和运河合图》(局部，扬州至杭州)(清)

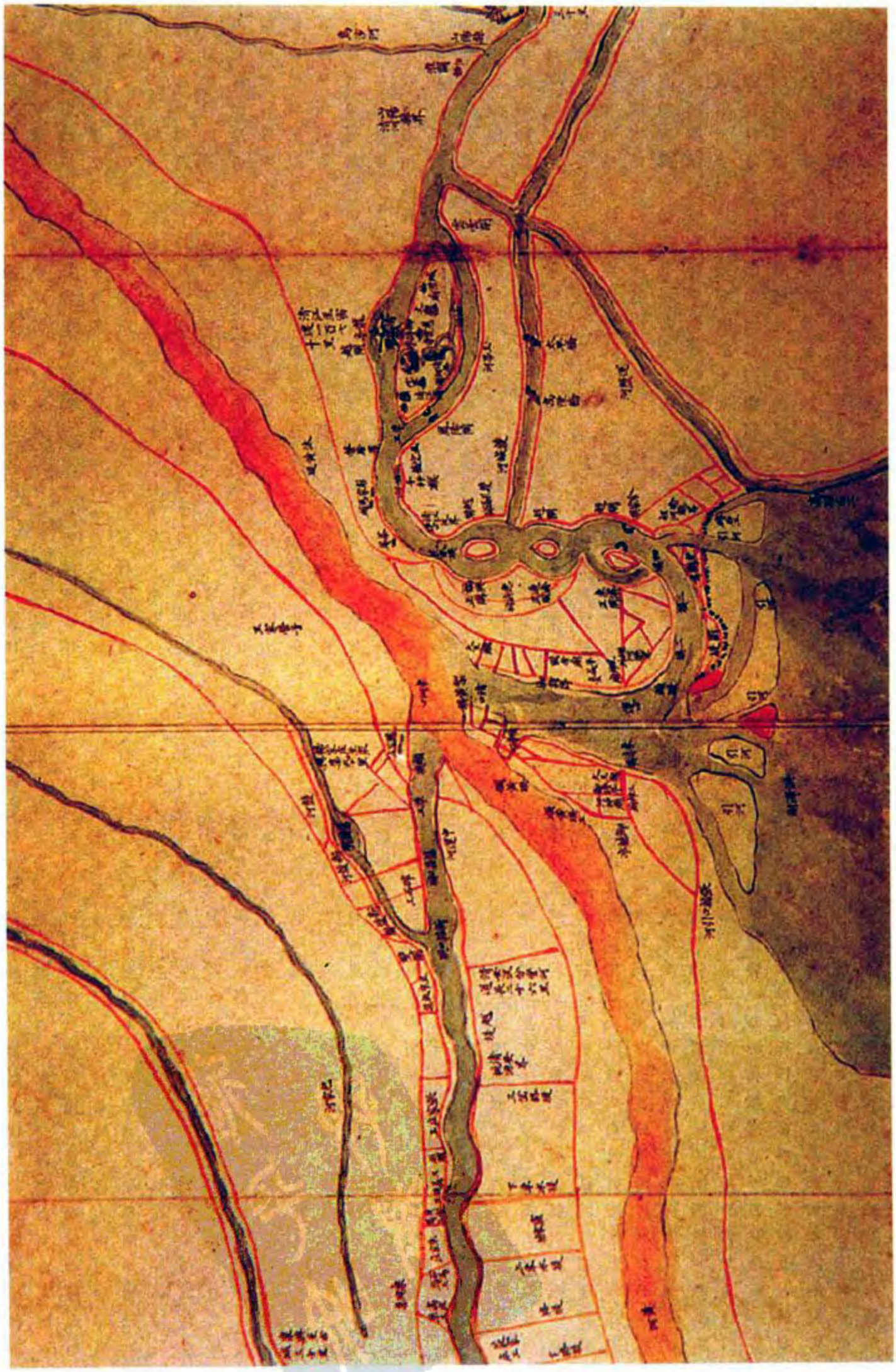
图14-29　长江中下游和运河合图（清）

图 14-30　运河全图（清）

《运河全图》纵 23.9 厘米，横 863.6 厘米，是一幅以京杭运河水利工程为主的专题地图。图上绘有河道、泉源、湖泊、闸坝、河堤以及沿线的府、县城镇。未注绘图人和时间。按图中内容判断，约在道光初期（1821～1825）绘制。现藏中国国家图书馆。



(a)《运河全图》(局部，南旺分水口)



(b)《运河全图》(局部，洪泽湖口)

图14-30 运河全图（清）

第十五章　造纸与印刷

造纸与印刷在中国古代科技四大发明中占了两项，二者有密切互动关系，印刷以纸的存在为前提。纸未出现前，中国古代以甲骨、金石为纪事材料，既笨重又不便书写。春秋以后以帛、简为书写纪事材料，但帛贵而简重，仍不便于用，均不如纸洁白受墨、体轻柔韧且廉价易制。过去常认为纸是2世纪初（105）东汉人蔡伦所发明，但20世纪以来（1933～1992）西北各地先后七次出土的西汉古纸和对古纸的显微分析证明，早在公元前2世纪的西汉中国已发明用麻头、破布制成适于书写的麻料植物纤维纸。至东汉蔡伦时代，造纸术得到改进和推广，进而以木本韧皮纤维造纸。

魏晋南北朝（3～6世纪）以后，以细密竹帘制成的活动帘床抄纸和光滑墙面烘纸，提高劳动时效，改善纸的质量。麻纸、皮纸产量大增，皮纸纤维匀细，平滑受墨，胜于麻纸，是后起之秀。加工技术翻新，出现五色纸、施胶纸、涂布纸、填料纸。纸已取代帛、简成为主要书写、绘画材料，使汉字字体、书法、绘画艺术进入新的发展阶段，纸本书画和读物进入寻常百姓家。

隋唐五代（6～10世纪）时麻纸达到历史最高水平，高级皮纸突起，唐末（9世纪）制成廉价竹纸。纸还在日常生活中制成雨伞、风筝、剪纸、衣帽、名片、纸牌、灯笼等用品。特种纸有金花纸、彩色蜡笺、粉蜡笺、砑花纸、硬黄纸和澄心堂纸等。宋元（10～14世纪）以后，麻纸衰落，皮纸和竹纸大发展，竹纸主要用于印书。明清（14～19世纪）是历代造纸的集大成阶段，出现总结造纸技术的专门著作，如宋应星的《天工开物·杀青》章（1637）。名牌纸有明代宣德纸和清代宣纸，再以此为料制成各种艺术加工纸，清康乾时期（17～18世纪）还仿制出历代名纸，如五代澄心堂纸、元明仁殿纸等，又创制梅花玉版笺和圆筒侧理纸。后者以筒形铜网在转动状态下抄成，开近代长网造纸机之先河。

印刷术用机械方法对字稿和画稿进行多重复制，可减去手工书写的繁重劳动。印本字体工整、经过校勘，又廉价易得，比写本能更快在社会上传播。对文字复制的实践由来已久，古代的钤印和南北朝兴起的石碑拓印为印刷的出现作了技术铺垫，而佛教的发展和信徒对佛经的大量需要也起了催生作用。印刷术的最早发现形式是木版印刷，木版印刷起于隋（589～618），至唐、五代（7～10世纪）进入早期发展阶段。20世纪以来，唐初（7世纪）印刷品在各地屡有出土。盛唐（8世纪）以后还以铜铸印版刊印短篇印本。宋代进入印刷术黄金时期，印本书已取代手抄本，版画和插图本书大量上市，又有了单版多色印刷品，为此后历代印刷奠定良好基础。宋代印刷术还传到辽、金、西夏及蒙古等少数民族地区。

北宋（960～1126）更大成就是在木版印刷基础上兴起的木活字、泥活字和金属活字印刷。木活字直接脱胎于木雕版，二者结合用于官府刊印田宅契纸、盐茶专卖证。12世纪（1150～1180）西夏文木活字印本及12～13世纪之交回鹘文木活字都曾出土。泥活字由北宋印刷工毕昇发明于庆历年间（1041～1048），北宋及西夏泥活字印本有实物佐证。宋、金还铸大量铜活字用于印制纸币，中国现存大量印版及其拓片。南宋因缺铜，而以锡版及锡活字印书。宋代印刷成就在元明清三朝获得全面继承与发展，元人王祯《造活字印书法》（1298）及清人金简《武英殿聚珍版程式》（1776）、翟金生《泥版试印初编》（1844）等书对活字技

术作了技术总结。明清时还在前代单版多色印刷基础上发展成多版多色的套色印刷，出版五颜六色的画册。

纸和造纸术在全国普及后，相继传入亚、非、欧许多国家，至19世纪已成全人类的通用书写与印刷材料，在推动人类文化发展中起了重大作用。印本书和印刷术（木版印刷、非金属与金属活字印刷）在全国推广后，于不同时期传入东西方各国，在促进近代社会和世界文明发展中起了关键作用。此处展示的一些图片概括地反映中国造纸、印刷发展史中的一些侧面。

图 15-1　商代（公元前 1600～前 1300）刻在龟甲上的象形文字

中国夏、商、周（公元前20～前8世纪）时以龟甲、牛骨为纪事材料，将象形文字写刻于其上，称甲骨文。此图取自《甲骨文合集》(1979)。

图 15-2　史墙盘铭文拓片

四千年前，中国商周以来以青铜器和石料作为承载文字、记录历史事件的材料，所用文字从甲骨文演变而来，称为金石文。图15-2为1976年陕西扶风县庄白村出土的西周共王时期（公元前922～前900）铸造的青铜器史墙盘铭文拓片，共284字。取自《文物》1978(3)，释文见原发掘简报，前五字为："曰古文王初。"

图 15-1　商代（公元前 1600～前 1300）刻在龟甲上的象形文字

图 15-2　史墙盘铭文拓片

图 15-3　纸问世前的绢帛书写材料

纸未出现前，中国自春秋、战国（公元前8～前3世纪）以来以绢帛为书写纪事材料，

图 15-3　纸问世前的绢帛书写材料

图 15-3 为 1973 年长沙马王堆三号汉墓出土的文帝十二年（公元前 168），帛书《五十二病方》，湖南省博物馆藏。

图 15-4 居延汉代木简

1973 年甘肃汉居延遗址出土的西汉地皇三年（公元 22 年）木简简册。取自《文物》1978（1）。中国自春秋（公元前 770～前 477）即用竹、木简为书写纪事材料。

图 15-4 居延汉代木简

图 15-5 漂絮图

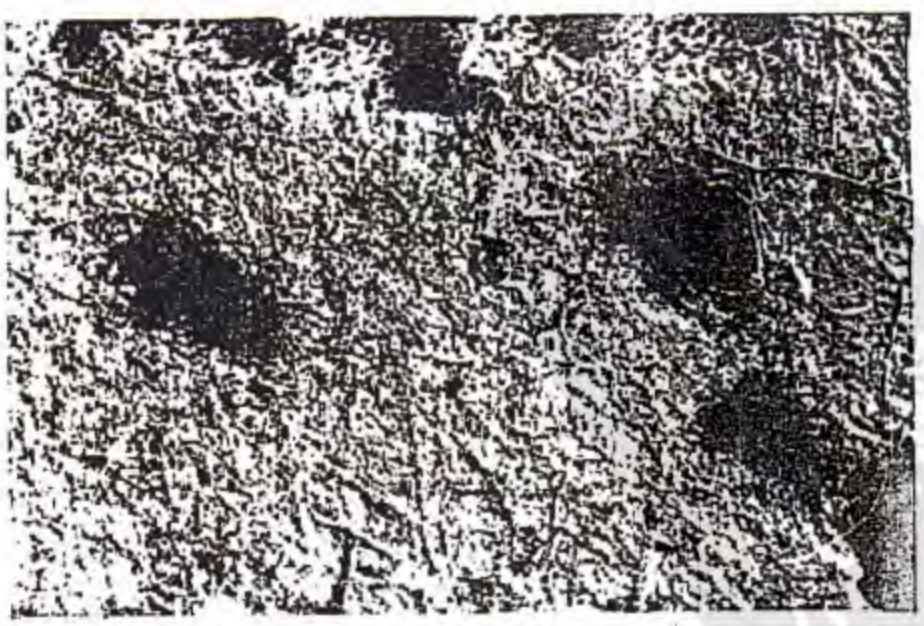
中国是养蚕织丝的起源地，距今已有四千多年历史。蚕结茧后，古人要择茧，上好茧用于制绢帛，次等茧作絮。将次等茧以草木灰水蒸煮，再以水浸，放在竹席上，于水边以竹棍打碎，此过程称为漂絮。《庄子·逍遥游》载宋国（公元前 858～前 476）已有以漂絮为业者。此过程对造纸有技术启发。此漂絮图取自吴嘉猷（字友如，1818～1893）《蚕桑络丝织绸图说》（1891），故宫博物院藏。

图 15-6 西汉放马滩麻纸

1986 年甘肃天水市放马滩出土的绘有地图的西汉初（公元前 176～前 140）的麻纸，5.6 厘米×2.8 厘米，取自《文物》，1989（2）。图 15-6（b）为放马滩纸麻纤维放大 14 倍的照片，纸面上黑点为霉斑。

图 15-5　漂絮图

(a) 西汉放马滩麻纸

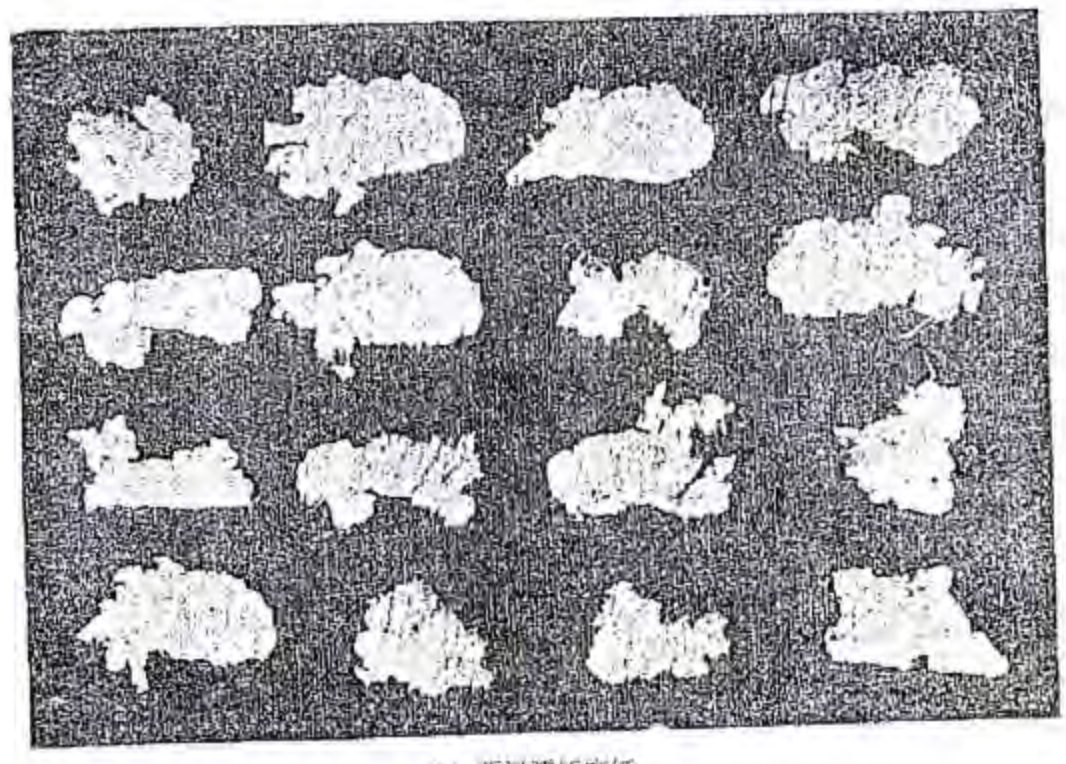


(b) 放马滩纸麻纤维放大照片

图 15-6　西汉放马滩麻纸

图 15-7　西汉灞桥麻纸

1957 年西安市灞桥砖瓦厂出土的西汉麻纸（公元前 140～前 87），共 88 片，最大片 10 厘米×10 厘米，陕西省博物馆藏。图 15-7（b）为灞桥纸麻纤维的电子扫描显微照片（×100），从图中可见纤维分丝帚化部分。



(a) 西汉灞桥麻纸

(b) 灞桥纸麻纤维的电子扫描显微照片

图 15-7　西汉灞桥麻纸

图 15-8　写有文字的西汉麻纸

1990 年敦煌甜水井汉悬泉置遗址出土的西汉有字麻纸。上图左：原编号 T0212（4）：3，白色，有韧性，3 厘米×4 厘米，写有隶书“细辛”二字，年代为武帝至昭帝（公元前

140～前 74）。上图右：原编号 T0212（4）：2，白色，有韧性，12 厘米×7 厘米，写有隶书“力熏”二字，年代为武帝至昭帝（公元前 140～前 74）。下图：原编号 T0114（3）：609，黄间白色，表面平滑，质细薄，7 厘米×3.5 厘米，写有草隶“持书来//致斋”等字，年代为宣帝至成帝（公元前 73～前 7）。取自《文物》2000（5）。

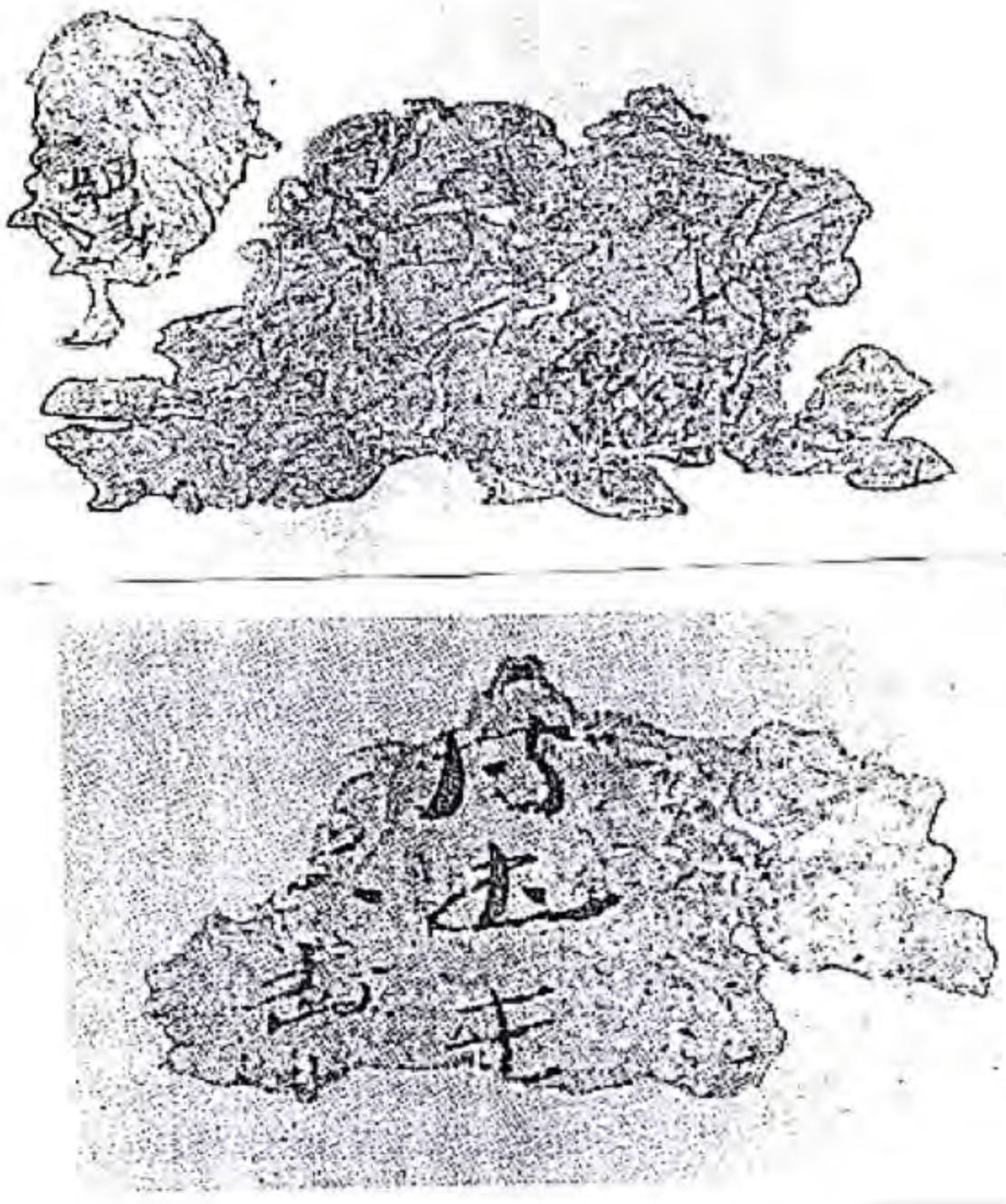


图 15-8　写有文字的西汉麻纸

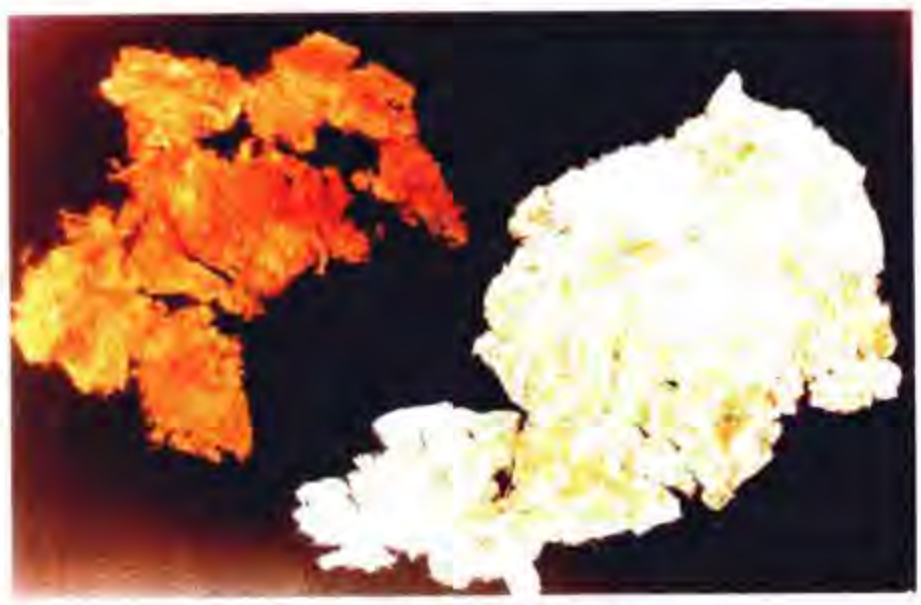
图 15-9　有书写文字的汉代麻纸

1942 年在今甘肃额济纳河东岸汉代居延地区查科尔帖烽燧遗址出土的西汉末至东汉初（公元前 89～公元 98）写在麻纸上的公事书信，10 厘米×11.3 厘米，现存文字八行 50 字，是最早出土的蔡伦前有字麻纸，现存台北中央研究院历史语言研究所。

图 15-10　敦煌马圈湾麻纸

1979 年甘肃省长城联合调查组考古学家在敦煌西北马圈湾西汉驻军遗址发掘的西汉麻纸（公元前 1 世纪末至公元初），甘肃省博物馆藏。图 15-10（b）为马圈湾纸麻纤维电子扫描显微照片（×300）。

图 15-9　有书写文字的汉代麻纸



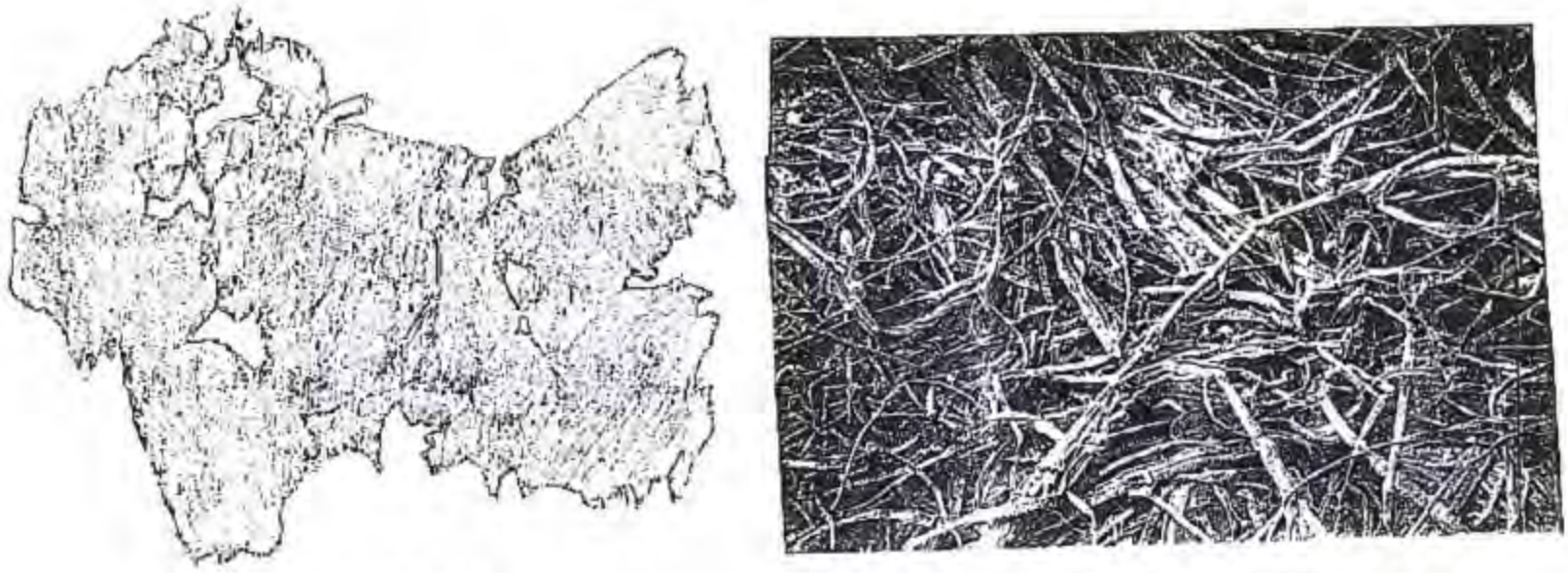
(a) 敦煌马圈湾麻纸实物

(b) 马圈湾纸麻纤维电子扫描显微照片

图 15-10　敦煌马圈湾麻纸

图 15-11　汉肩水金关纸

1973 年甘肃长城考古队在省内额济纳河东岸汉代肩水金关军事哨所遗址发掘的西汉（公元前 1 世纪）麻纸，甘肃省博物馆藏。图 15-11（b）为金关纸麻纤维的电子扫描显微照片（×100）。



(a) 汉肩水金关纸　　(b) 金关纸麻纤维的电子扫描显微图，×100

图 15-11　汉肩水金关纸

图 15-12　东汉信纸

1901 年新疆罗布淖尔出土的东汉信纸，12 厘米×4.6 厘米，引自《流沙坠简》（1914）第一册。

图 15-12　东汉信纸

图 15-13　汉代造麻纸工艺流程图

汉代造麻纸工艺流程图，潘吉星设计，张孝友绘（1979）。

1，3. 洗料；2. 切料；4. 烧制草木灰水；5. 蒸煮；6. 捣料；7. 打槽；8. 抄造；9. 晒纸、揭纸

图 15-13　汉代造麻纸工艺流程图

图 15-14　麻纸写本《譬喻经》

敦煌石室发现的前秦甘露元年（359）在甘肃酒泉抄写的麻纸写本《譬喻经》，总长 166 厘米，由七纸接成，每纸 23.6 厘米×30.3 厘米。这是现存写有年款的最早佛经纸写本。日本东京道博物馆藏。

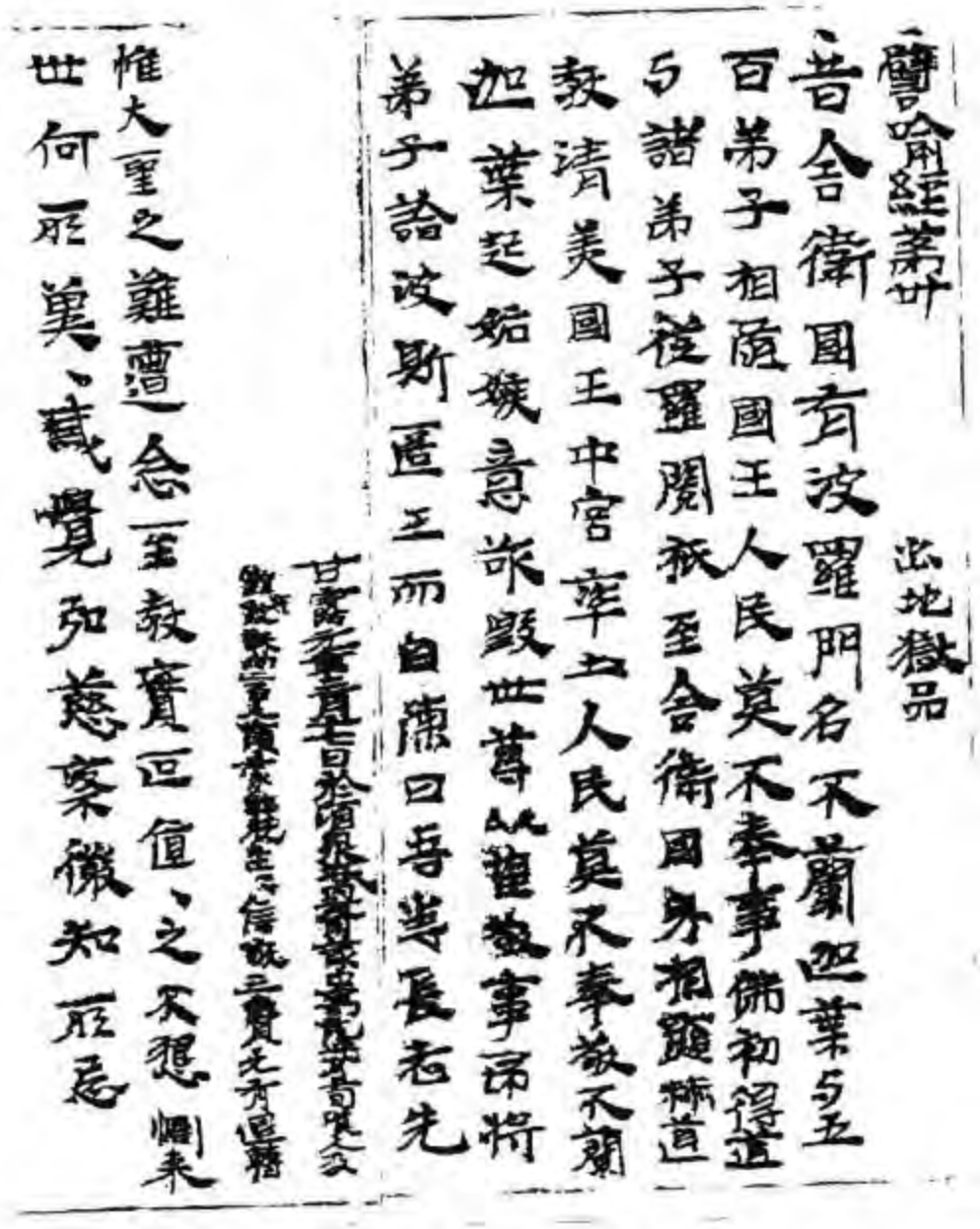
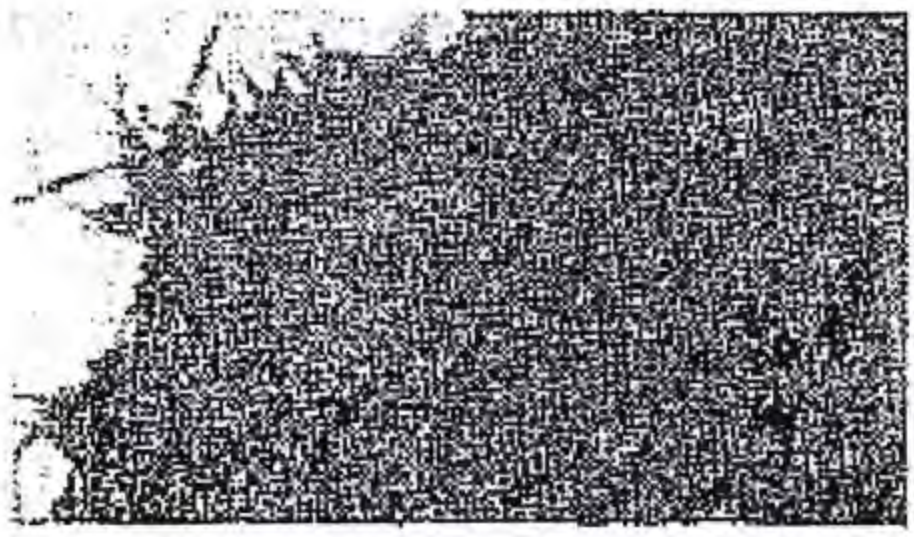


图 15-14　麻纸写本《譬喻经》

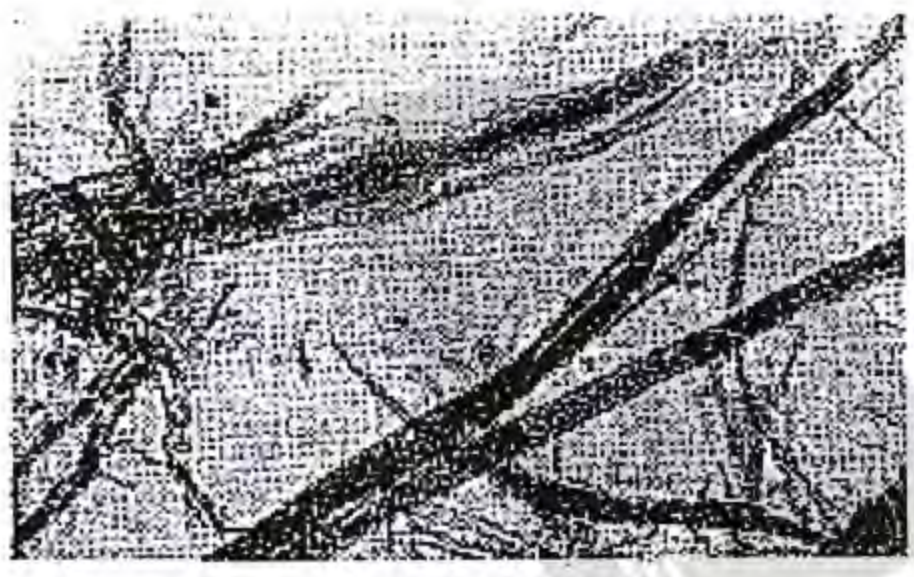
图 15-15　东晋写本《三国志》残卷

1965 年新疆吐鲁番出土的东晋（317～420）写本《三国志·吴志·孙权传》残卷，写以白色麻纸，表面涂布白色矿物粉，纤维分散度高，交织匀细，为早期高级麻料涂布纸，23.3 厘米×48 厘米。墨色发光，书法秀丽，纸、墨及书法堪称三绝。新疆维吾尔自治区博物馆藏。图 15-15（b）为纸的纤维放大 40 倍照片，图 15-15（c）为纸的麻纤维显微分析照片（×100）。

(a) 东晋写本《三国志》残卷



(b) 纸的纤维放大



(c) 纸的麻纤维显微分析图

图 15-15 东晋写本《三国志》残卷

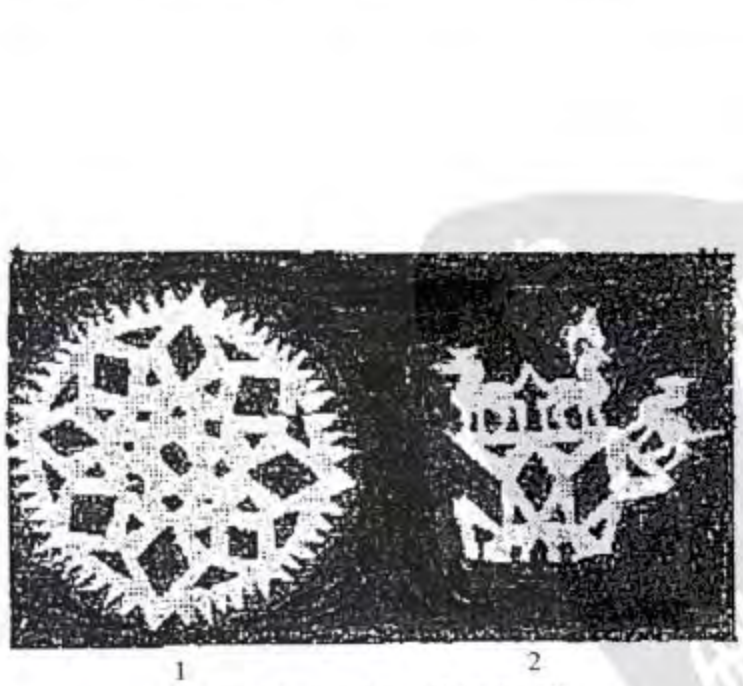
图 15-16　纸绘设色人物图

1964 年新疆吐鲁番出土的十六国（304～439）民间纸绘设色人物图，106.5 厘米×47 厘米。为现存世界最早纸本绘画。取自《新疆出土文物》(1975)。

图 15-16　纸绘设色人物图

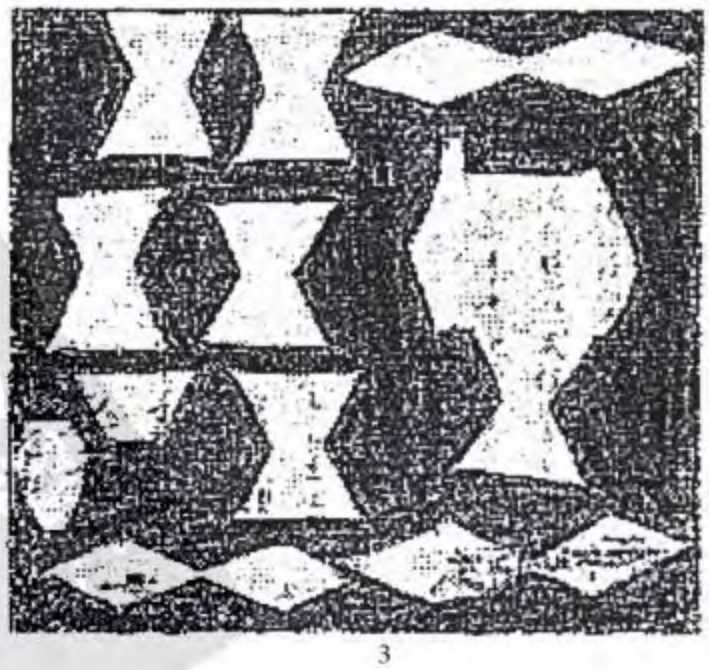
图 15-17　剪纸

1959 年新疆吐鲁番阿斯塔那古墓出土的高昌章和十一年（541）剪纸，图 15-17（a）为八角形团花与对鹿团花残片，以黄纸剪成；图 15-17（b）为菱形剪纸；图 15-17（c）为对鹿团花剪纸的复原件。新疆维吾尔自治区博物馆藏。



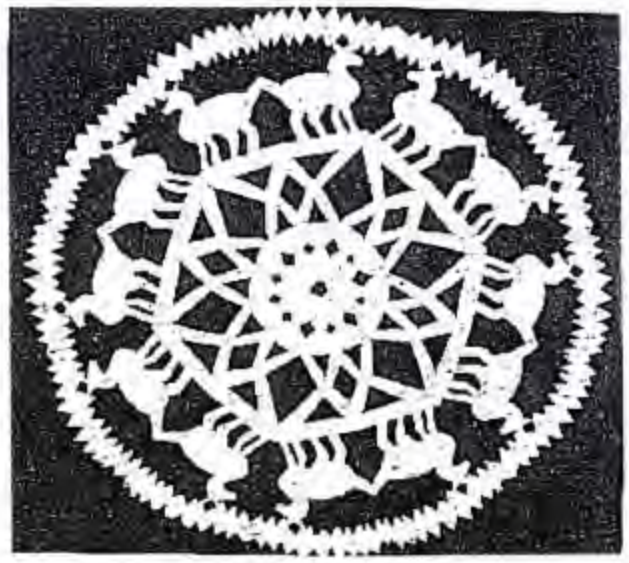
1　2

(a) 八角形团花与对鹿团花残片



3

(b) 菱形剪纸



4
(c) 对鹿团花复原图

图 15-17　剪纸

图 15-18　唐初麻料硬黄纸写《妙法莲华经》

20 世纪初敦煌石室发现的唐初（7 世纪）以上等硬黄纸工笔书写的《妙法莲华经》，每幅 26 厘米×47.3 厘米。将精细麻纸染成黄色，再双面打蜡，研光，呈半透明状，有防水功能。唐代硬黄纸只出现于唐初。潘吉星藏。

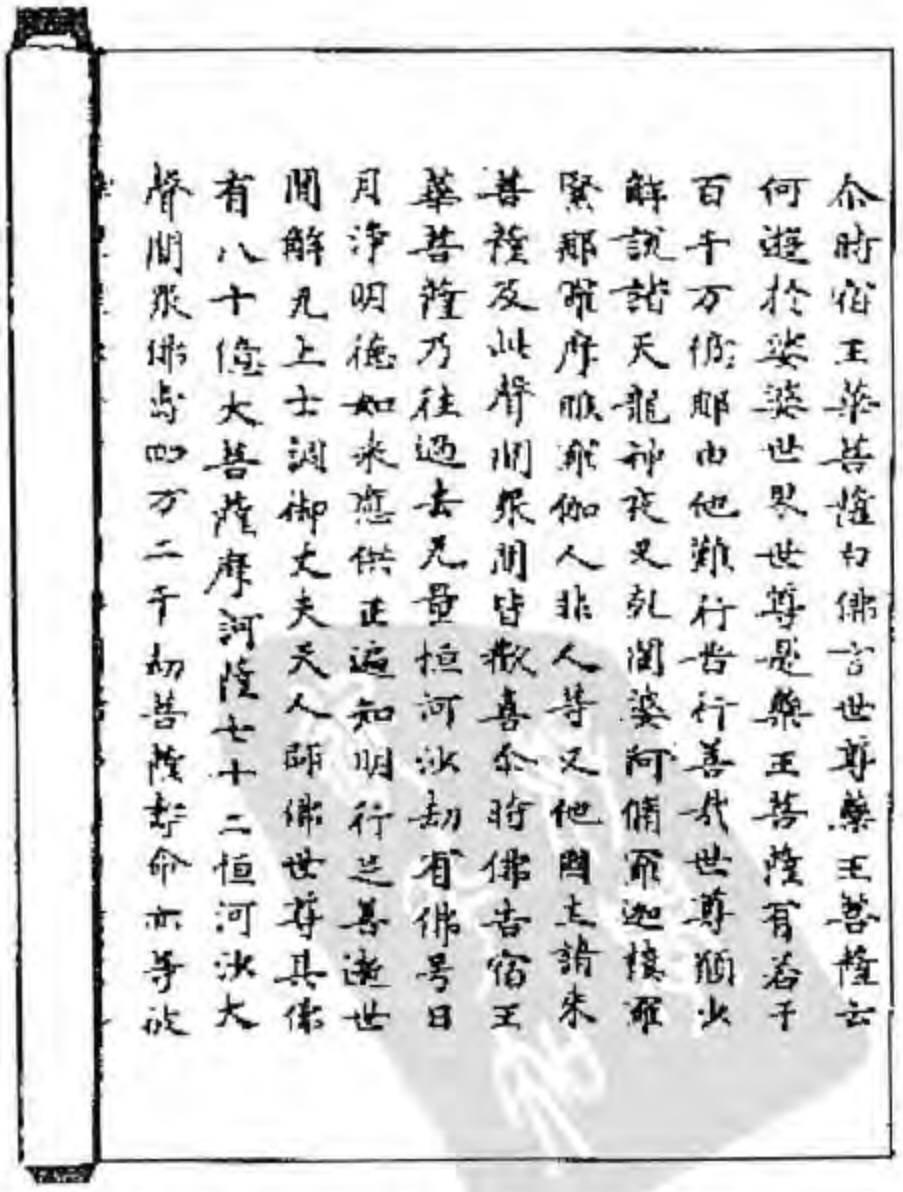


图 15-18　唐初麻料硬黄纸写《妙法莲华经》

图 15-19　桑皮纸彩绘《五牛图》

唐代画家韩滉（723～787）用桑皮纸彩绘的《五牛图》，由五纸连接而成，每纸各画一牛，较大纸为 21 厘米×30.9 厘米。故宫博物院藏。

(a) 桑皮纸彩绘《五牛图》

(b) 桑皮纸彩绘《五牛图》

图 15-19　桑皮纸彩绘《五牛图》

图 15-20　北宋李建中《同年帖》

北宋文人李建中（945～1108）《同年帖》（致友人书信），由大小二纸联成，其中小纸（8.3 厘米×33 厘米）为楮皮纸，纸面透光看有波浪纹图案，为早期水纹纸标本。故宫博物院藏。

图 15-20　北宋李建中《同年帖》

图 15-21　北宋米芾《珊瑚帖》

北宋书画家米芾（1050～1107）在竹纸上挥毫，写成《珊瑚帖》并绘出珊瑚，26.5 厘米×47 厘米。故宫博物院藏。

图 15-21　北宋米芾《珊瑚帖》

图 15-22　清仿元代明仁殿纸

元内府创制明仁殿纸，以上好皮纸为底，染成黄色。背面涂粉并洒金片，再在两面涂蜡并研光，最后在正面以泥金绘满如意云纹。此图为清乾隆年（18 世纪）内府据元代遗物仿制者，右下角有朱印“乾隆年仿明仁殿纸”，121.5 厘米×53 厘米。故宫博物院藏。

图 15-22　清仿元代明仁殿纸

图 15-23　明宣德年造描金云龙纹彩色粉纸

明宣德五年（1430）造内府御用泥金绘云龙纹彩色粉笺，是宣纸的一种。故宫博物院藏。

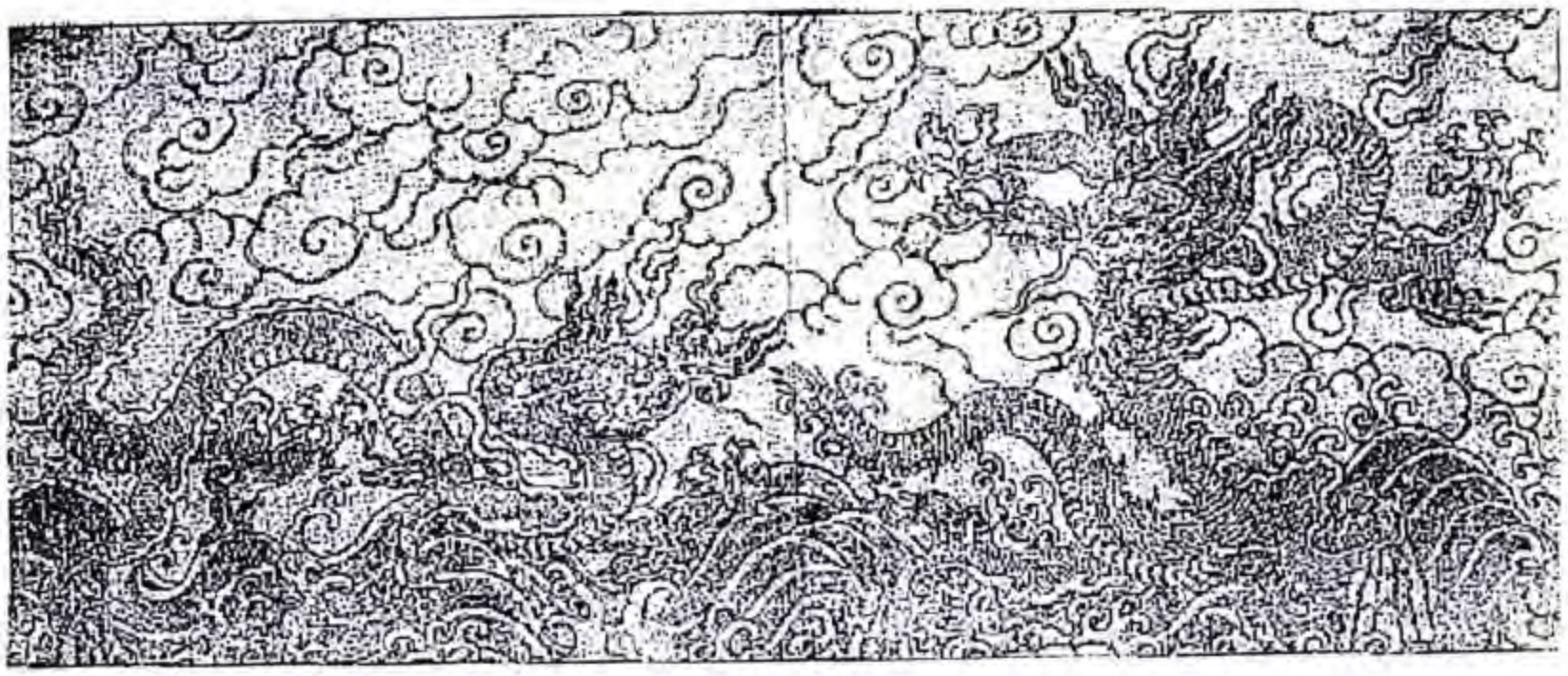
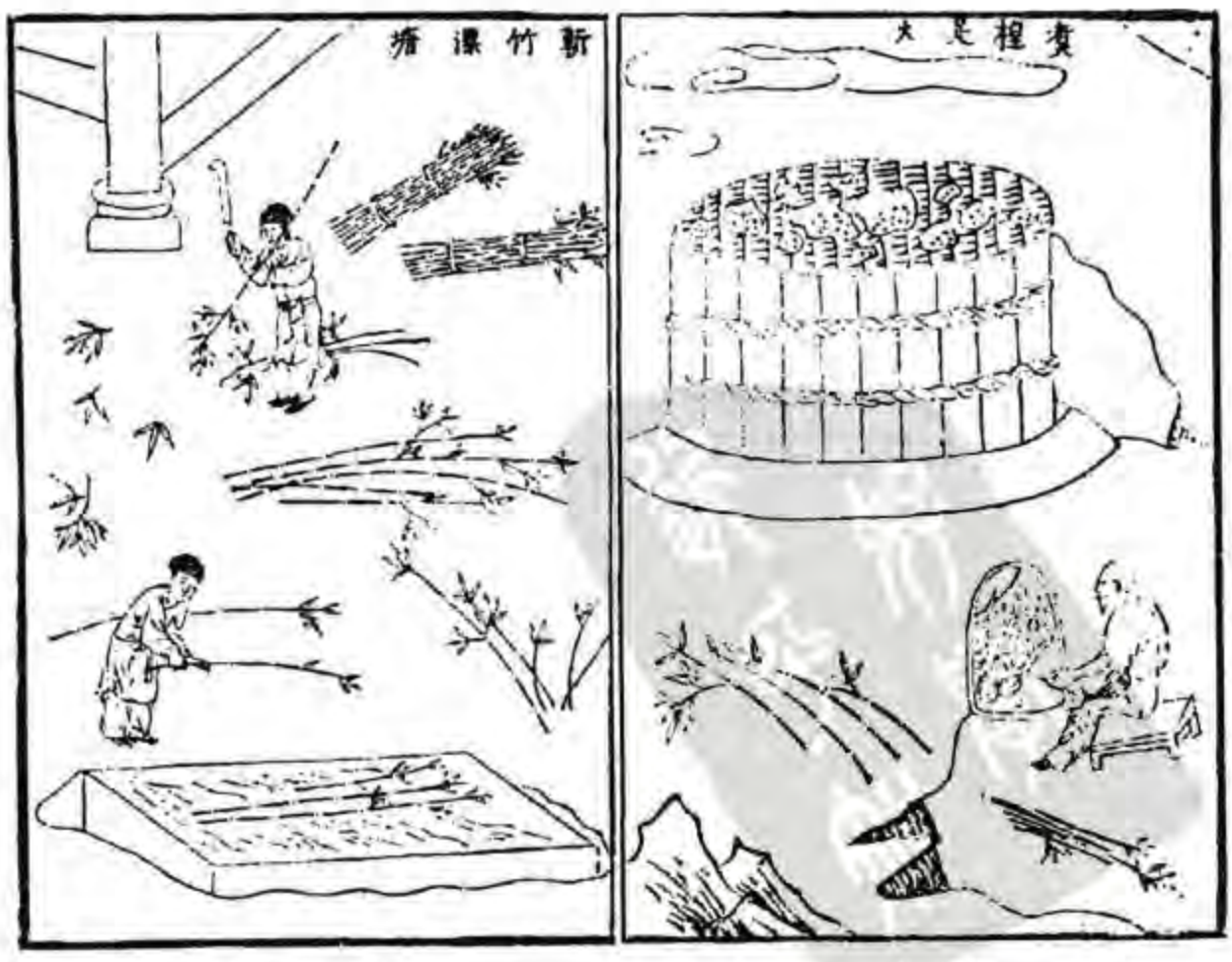


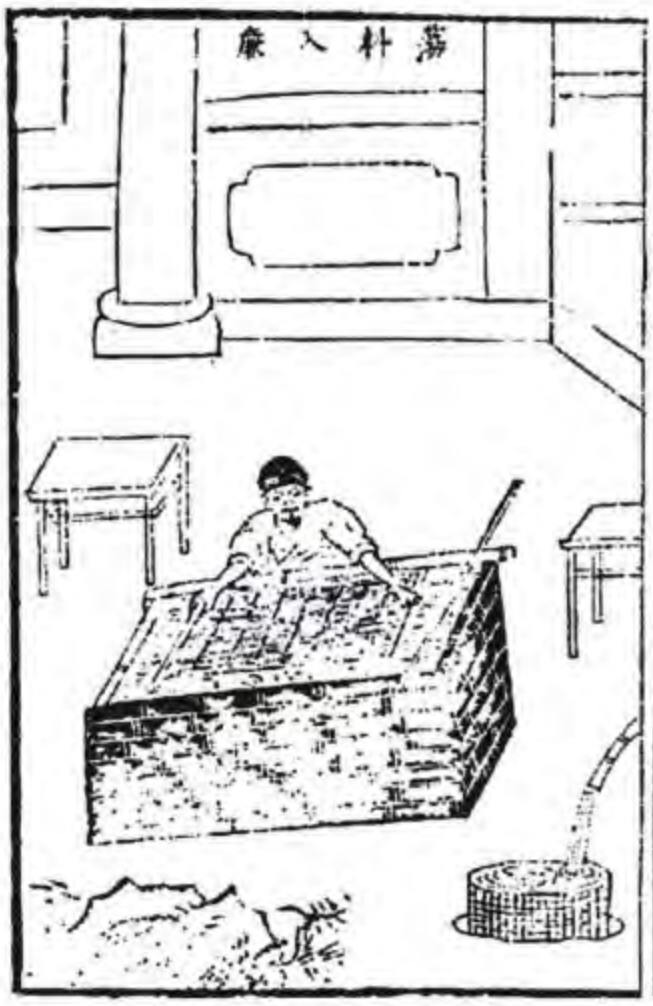
图 15-23　明宣德年造描金云龙纹彩色粉纸

图 15-24　《天工开物》中造竹纸流程图

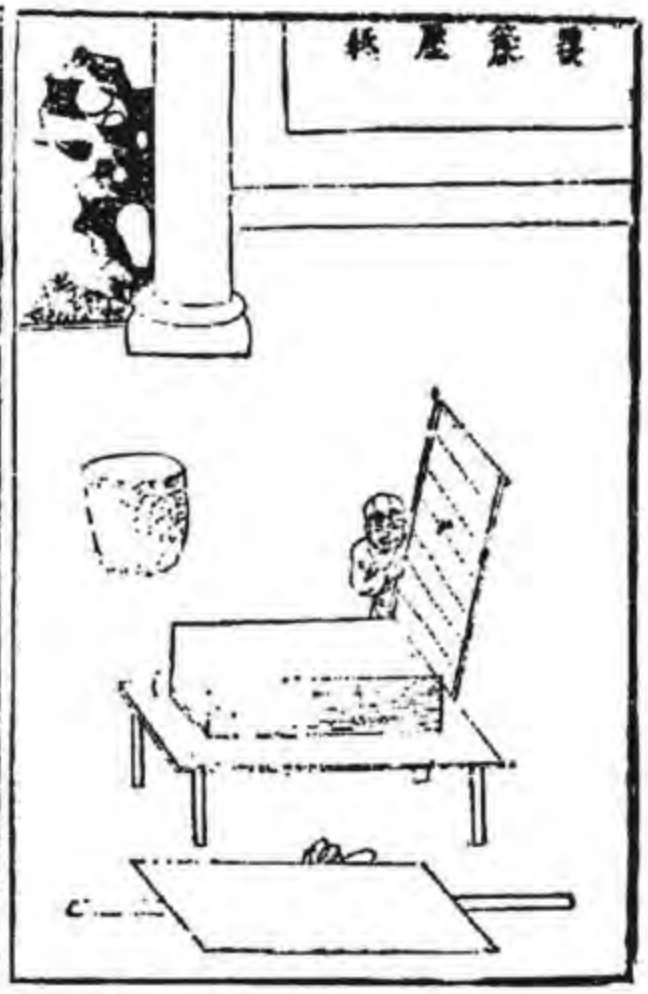
《天工开物》（1637）中造竹纸流程见图 15-24（a）～（c）。



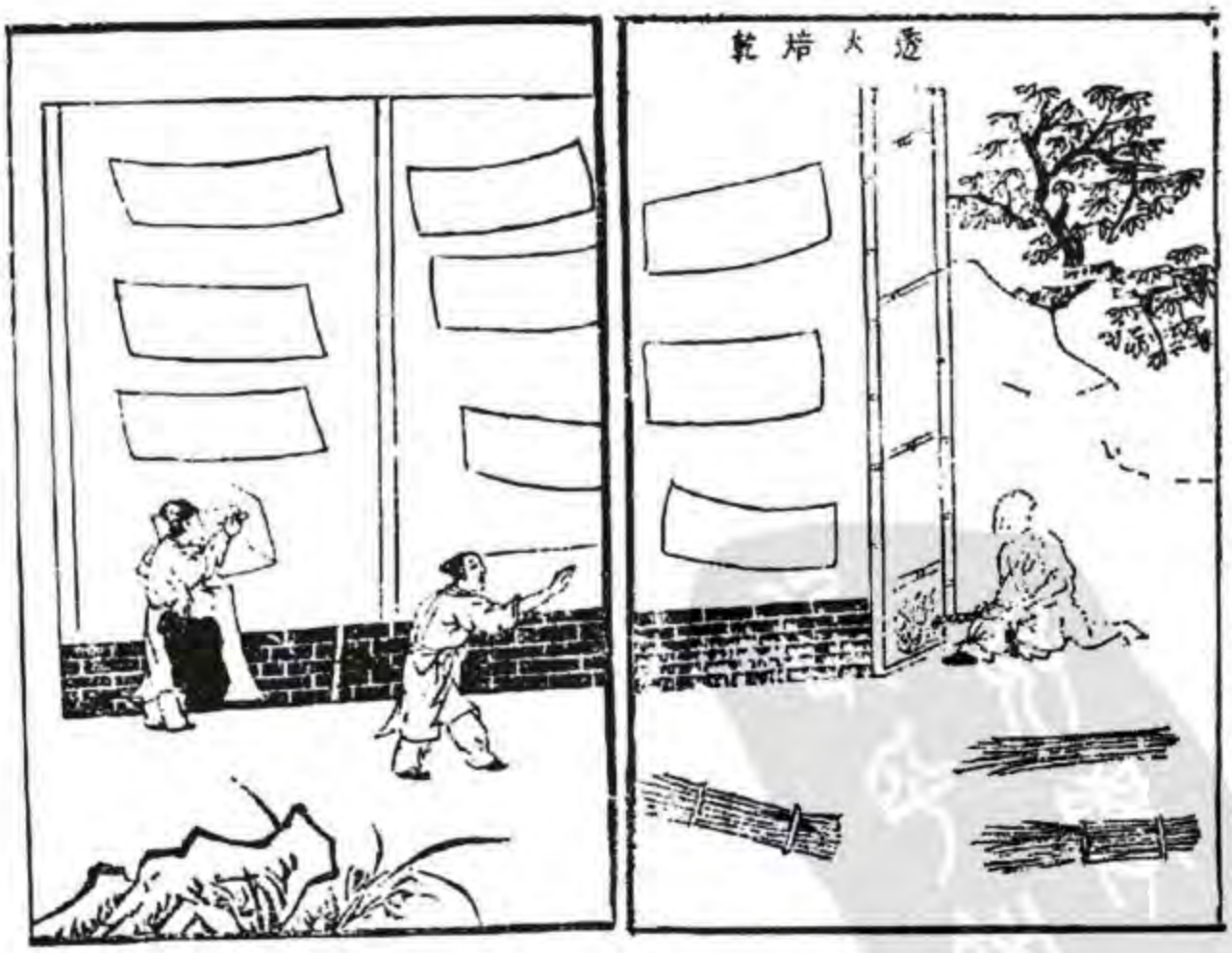
(a) 砍竹、沤竹　　(b) 蒸煮



(c) 荡帘



(d) 翻帘、压纸



(e) 烘纸

图 15-24　《天工开物》中造竹纸流程图

图 15-25 《梦溪笔谈》书影

明崇祯四年（1631）刊《梦溪笔谈》（1088）书首尾页所附橘红色防蛀纸，此纸双面以红丹（Pb_3O_4）涂成，有防蛀功能。中国国家博物馆藏。

图 15-25 《梦溪笔谈》书影

图 15-26 清代梅花玉版笺

清康熙年（17 世纪）内府创制梅花玉版笺，在厚皮纸上涂白粉，再上蜡、研光，以泥金绘几何形冰纹，冰纹间绘梅花，右下角钤“梅花玉版笺”朱印，此纸供皇帝写字用。至乾隆年（18 世纪）仍在制造。50 厘米×49.5 厘米。故宫博物院藏。

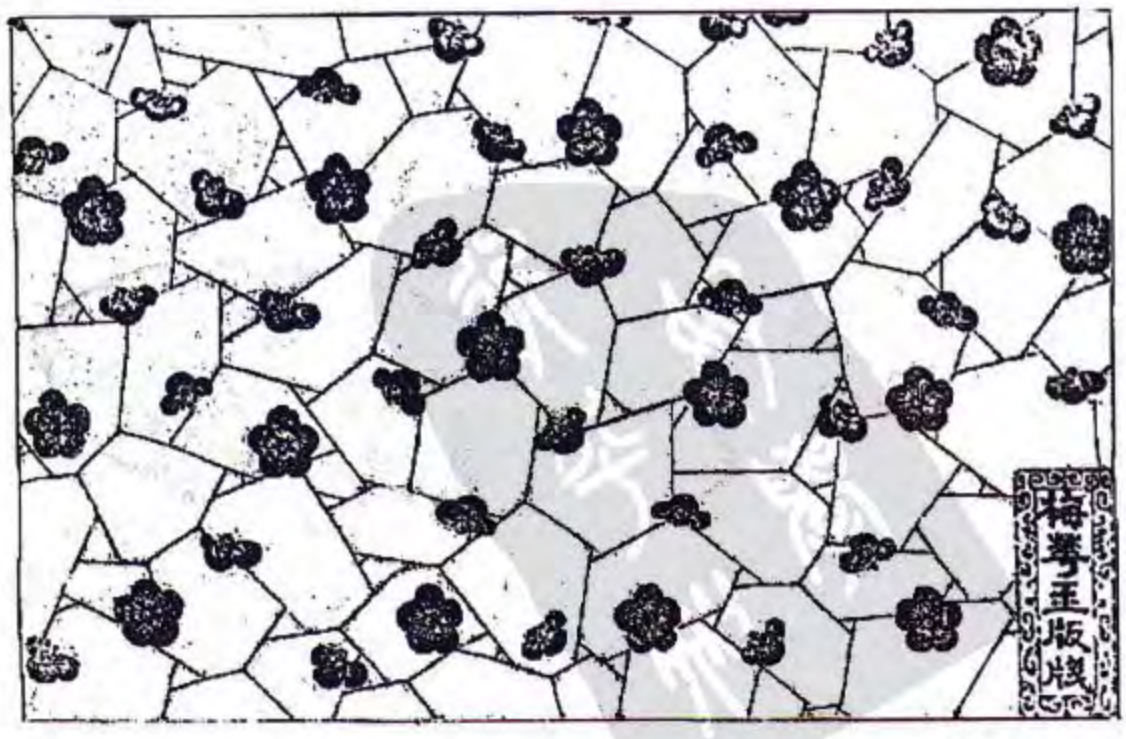


图 15-26 清代梅花玉版笺

图 15-27　描金山水蜡笺

清乾隆年（18 世纪）内府以仿澄心堂纸加工的泥金绘山水蜡笺，宫中御用品。故宫博物院藏。

图 15-27　描金山水蜡笺

图 15-28　西方人笔下的 19 世纪清代人造皮纸工艺图

图 15-28　西方人笔下的 19 世纪清代人造皮纸工艺图

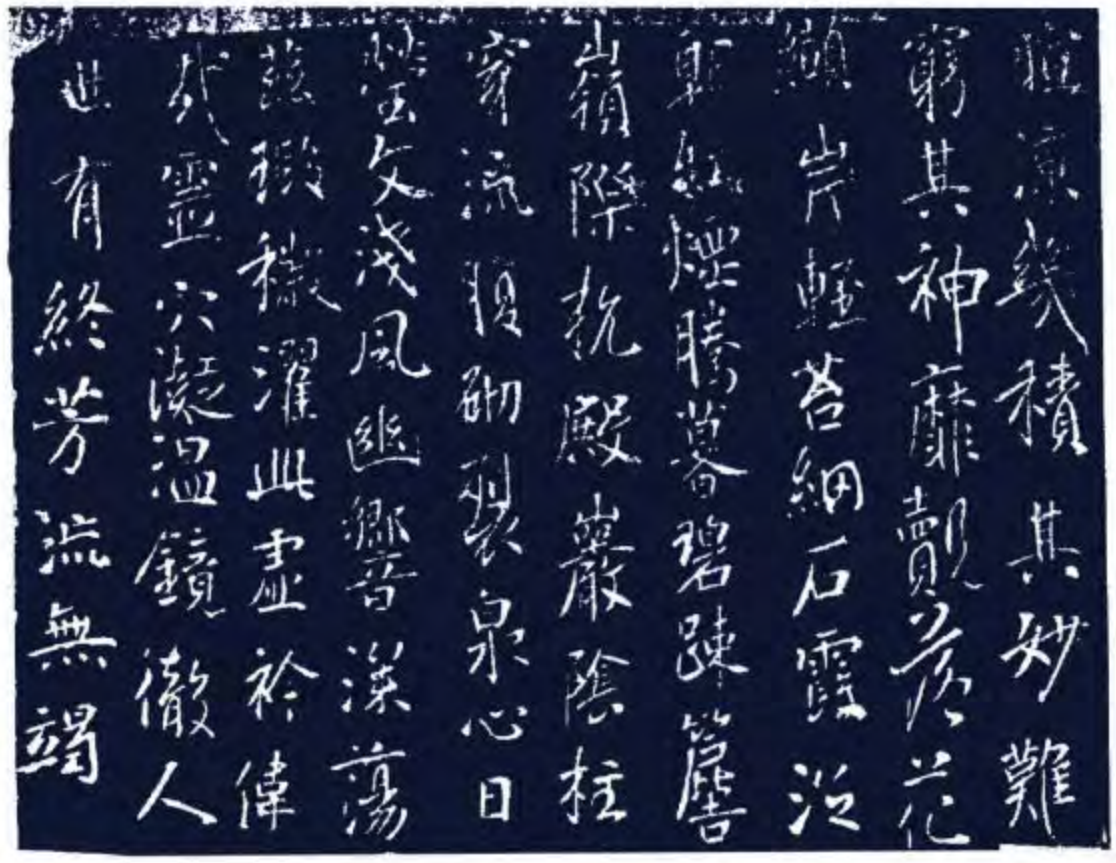


图 15-29 唐太宗御书《温泉铭》刻石拓印本

图 15-29 唐太宗御书《温泉铭》刻石拓印本

南北朝（420～589）出现的石碑文字拓印技术为雕版印刷术的发明起了铺垫作用。图为敦煌石室出唐永徽五年（654）对太宗御书《温泉铭》刻石之拓印本。巴黎国家图书馆藏。

图 15-30 唐初刻梵文陀罗尼咒印本之一页

图 15-30 唐初刻梵文陀罗尼咒印本之一页

1974 年西安柴油机械厂出土的唐初（7 世纪）梵文陀罗尼咒单页印本，是现存世界最早印刷品。陕西省博物馆藏。

图 15-31　唐武周刻本《无垢净光大陀罗尼经》

唐武周长安二年（702）洛阳刊行的《无垢净光大陀罗尼经》，1966 年韩国庆州佛国寺释迦塔内发现。

图 15-31　唐武周刻本《无垢净光大陀罗尼经》

图 15-32　唐咸通九年刊卷子本《金刚经》

1907 年敦煌石室内发现的唐咸通九年（868）王玠为父母印造的《金刚经》卷扉画《佛祖说法图》，以工笔手法刻出 21 个人物形象，形态各异，布局紧凑，线条流畅，刀法精熟，画面 23.5 厘米×28.3 厘米。伦敦不列颠图书馆藏。

图15-32　唐咸通九年刊卷子本《金刚经》

图 15-33　济南刘家针铺广告铜铸印版

北宋。近方形，扁平。顶行横排，阴文题为“济南刘家功夫针铺”，中央为白兔捣药图案，左右分书为：“认门前白兔儿为记”，下有告白七行：“收买上等铜条造功夫细针，不误宅院使用，召转与贩，另有加饶，请记白。”这种针铺广告版，印刷后可当作商标纸使用。是研究当时商业和手工业发展的重要实物资料。现藏中国国家博物馆。

(a) “济南刘家功夫针铺”铜版　　(b) “济南刘家功夫针铺”铜版印件

图 15-33　济南刘家针铺广告铜铸印版

图 15-34　北宋刻印书籍图

北宋（960～1126）洛阳人程一德家中雇工刻印书籍图，取自清刻本《阴骘文图注》。

图 15-34　北宋刻印书籍图

图 15-35　北宋雕印大藏经之一页

北宋开宝六年（973）成都雕印的大藏经《开宝藏》中的《佛说阿惟越致遮经》。中国国家图书馆藏。

菩薩所欣樂　開化於衆生　則獲彼明智
何緣來至此　吾是故阿難　論講于往來
爲少智之人　覩示所興念　吾是故阿難
論說於往來　人懷精進者　尒乃曉了此
有德者分別　解深妙之義　能獲於斯等
速得成大道
佛告阿難如來至真等正覺斑宣等
薩爲往來當如是義亦是善權方
便也
阿惟越致遮經卷上　第二十五張　帝字号
佛說阿惟越致遮經卷上
大宋開寶六年癸酉歲奉
勅雕造　陸永

图 15-35　北宋雕印大藏经之一页

图 15-36　南宋刊桑皮纸书本之一页

南宋初绍兴年（1131～1162）杭州开牋纸马铺钟家刊桑皮纸本《文选五臣注》，版框 18.4 厘米×10.8 厘米，刻以杭州人鲍洵书宋体字。中国国家图书馆藏。

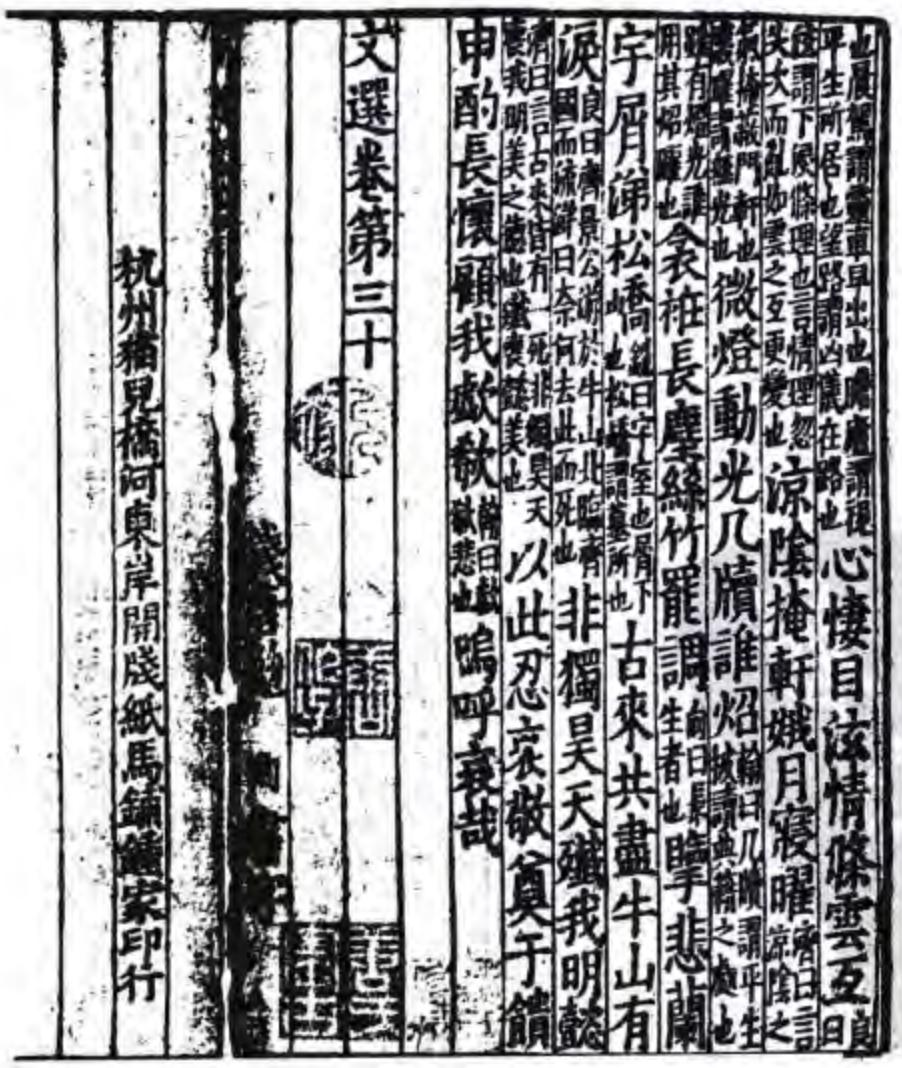

文選卷第三十
杭州猫兒橋河東岸開牋紙馬鋪鍾家印行

图 15-36　南宋刊桑皮纸书本之一页

图 15-37　《四美人图》

12 世纪前半叶金代平阳（今山西临汾）姬氏刻印单幅年画《四美人图》，77.5 厘米×31 厘米，印以黄纸，工笔描绘汉晋时王昭君、班姬、赵飞燕及绿珠四美女形象。圣彼得堡艾尔米塔什（Ermitazh）博物馆藏。

图 15-37　《四美人图》

图 15-38　西夏文木活字本书影

1991 年宁夏贺兰拜寺沟方塔内发现的西夏文木活字本《吉祥遍至口和本续》（1150～1180），宁夏回族自治区博物馆藏。

图 15-38　西夏文木活字本书影

图 15-39　《梦溪笔谈》书影

《梦溪笔谈》（1088）关于毕昇（约 990～1051）发明泥活字印刷技术的记载。取自元大德九年（1305）东山书院刊本。

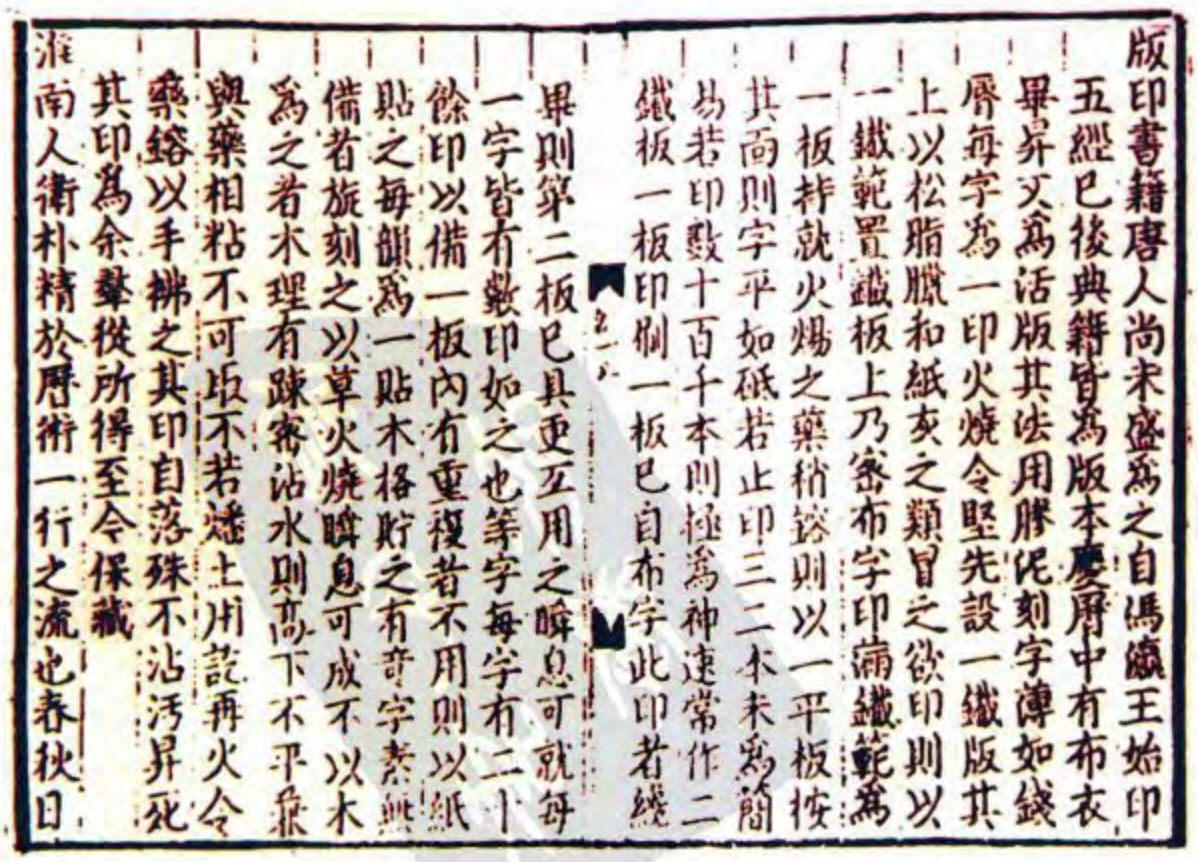

版印書籍唐人尚未盛爲之自馮瀛王始印
五經已後典籍皆爲版本慶曆中有布衣
畢昇又爲活版其法用膠泥刻字薄如錢
脣每字爲一印火燒令堅先設一鐵版其
上以松脂臘和紙灰之類冒之欲印則以
一鐵範置鐵板上乃密布字印滿鐵範爲
一板持就火煬之藥稍鎔則以一平板按
其面則字平如砥若止印三二本未爲簡
易若印數十百千本則極爲神速常作二
鐵板一板印刷一板已自布字此印者繕
畢則第二板已具更互用之瞬息可就每
一字皆有數印如之也等字每字有二十
餘印以備一板內有重複者不用則以紙
貼之每韻爲一貼木格貯之有奇字素無
備者旋刻之以草火燒瞬息可成不以木
爲之者木理有疎密沾水則高下不平兼
與藥相粘不可取不若燒土用訖再火令
藥鎔以手拂之其印自落殊不沾污昇死
其印爲余鄉從所得至今保藏
淮南人衛朴精於曆術一行之流也春秋曰

图 15-40　北宋泥活字本《无量寿佛经》

1965 年浙江温州白象塔内发现的北宋（1103）泥活字本《无量寿佛经》残页，浙江省博物馆藏。取自《文物》，1987（5）。

图 15-40　北宋泥活字本《无量寿佛经》

图 15-41　西夏文泥活字印经折本《维摩诘所说经》

1987 年甘肃武威新华乡亥母洞遗址出土的 12 世纪（1141～1164）以西夏文泥活字印刷的经折本佛经《维摩诘所说经》，每页 28 厘米×12 厘米。取自孙寿龄《中国文物报》，1994-3-27。

图 15-42　金代印“贞祐宝券”拓片

金代贞祐年（1213～1216）印发“贞祐宝券”伍贯票面所用的铜印版拓片。左为徐子隐（1792～1855）所藏，从图中可见有 10 个铜活字植入铜版凹槽内，包括“轴”字及 8 个花押字。右为上海博物馆藏，从图中可见为植入铜活字所用的凹槽（1.6 厘米×1.3 厘米），深 1.5 厘米，版面 35 厘米×21.5 厘米，厚 3 厘米，重 6.15 公斤。

图 15-43　王祯《农书》载《造活字印书法》

元代科学家王祯（1260～1330）《造活字印书法》（1298），载《农书》（1313）卷尾。此文记述了宋元木活字印刷技术及南宋（12～13 世纪）以锡活字印书的史实。

图 15-41 西夏文泥活字印经折本《维摩诘所说经》

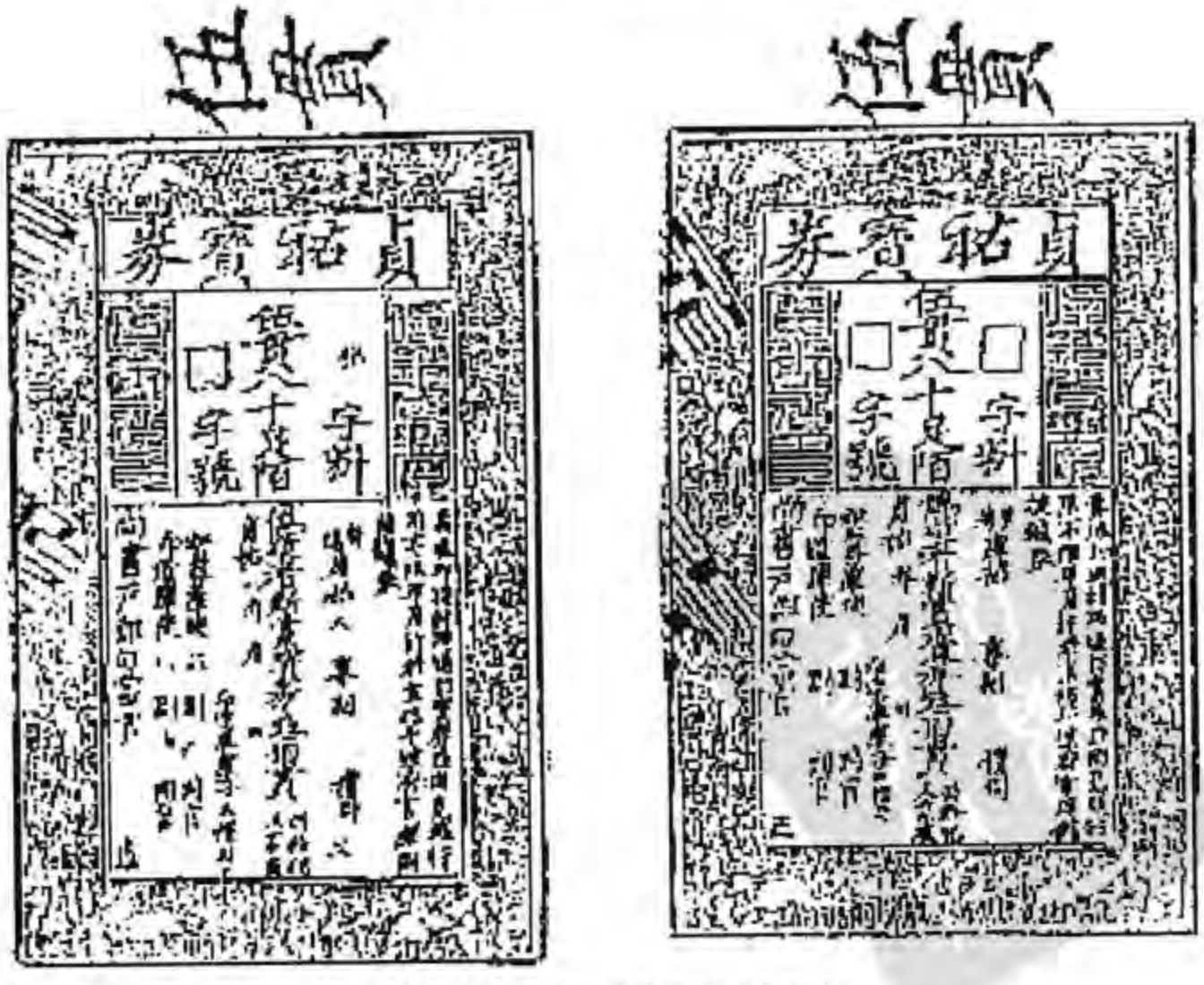
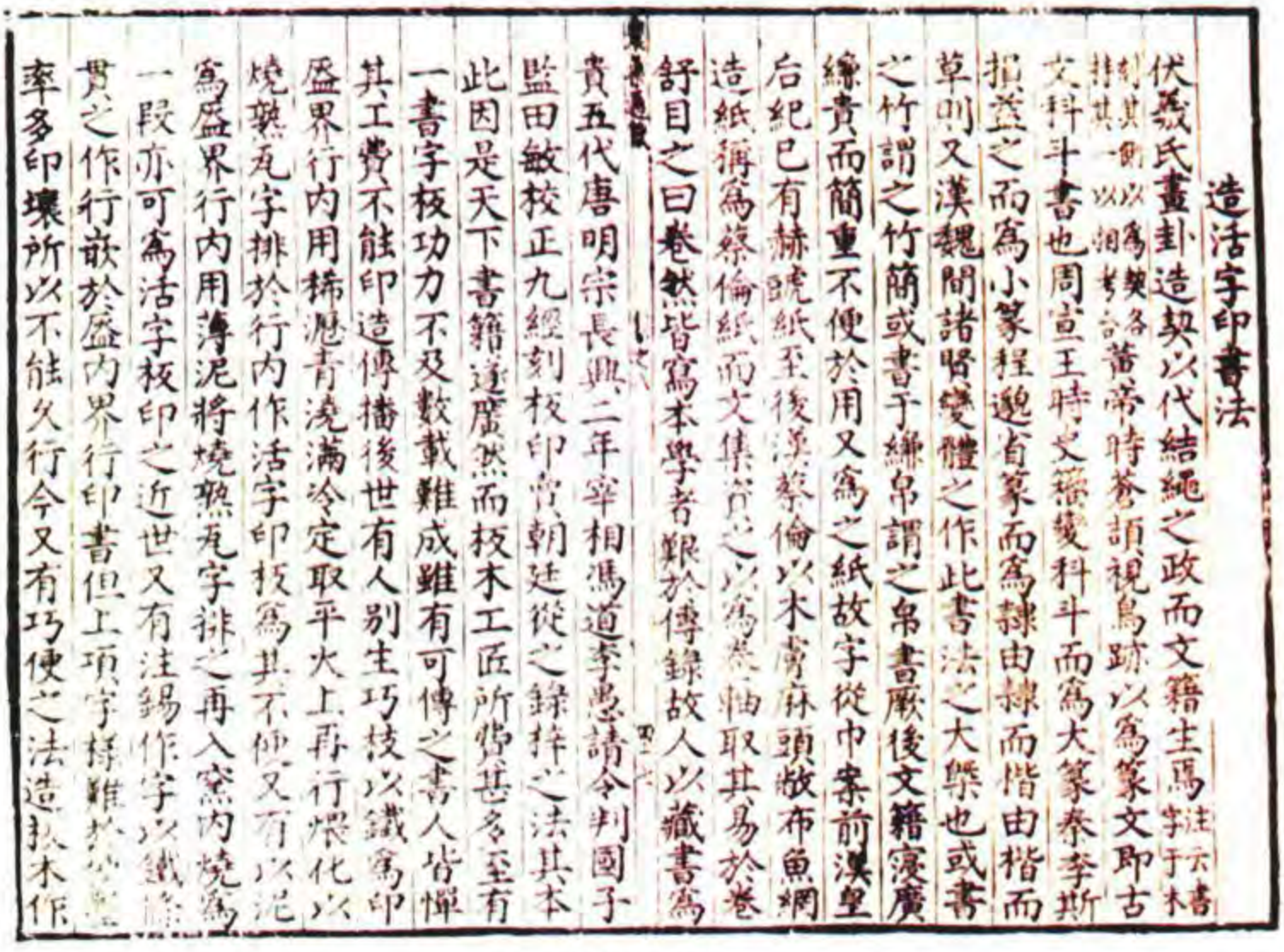


图 15-42 金代印"贞祐宝券"拓片

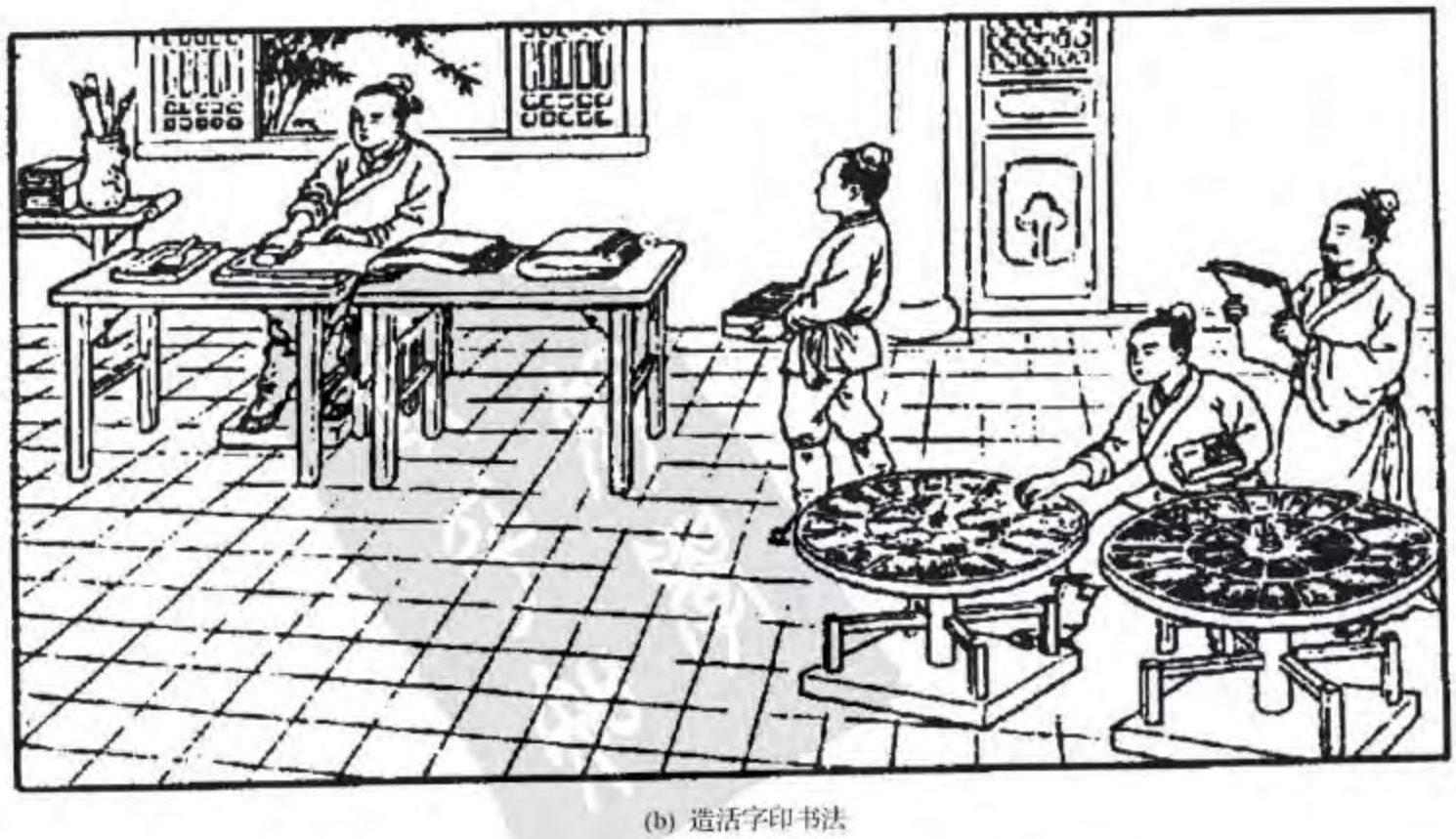
元贞元年（1295）王祯发明贮存活字的转盘，并用于排印书籍，以代替宋代（11 世纪）贮存活字的大木柜。图 15-43（b）据其《造活字印书法》（1298）的叙述绘成，引自刘国钧《中国古代书籍史话》（1962）。



造活字印書法

伏羲氏畫卦造契以代結繩之政而文籍生焉（注云書字于木）刻其數以爲契各持其一以相考合黃帝時蒼頡視鳥跡以爲文科斗書也周宣王時史籀變科斗而爲大篆秦李斯損益之而爲小篆程邈省篆而爲隸由隸而楷由楷而草則又漢魏間諸賢變體之作此書法之大槩也或書之竹謂之竹簡或書于縑帛謂之帛書厥後文籍寖廣繙責而簡重不便於用又爲之紙故字從巾案前漢皇后紀已有赫蹏紙至後漢蔡倫以木膚麻頭敝布魚網造紙得爲蔡倫紙而文集載之以爲蔡侯紙取其易於卷舒目之曰卷然皆寫本學者艱於傳錄故人以藏書爲貴五代唐明宗長興二年宰相馮道李愚請令判國子監田敏校正九經刻板印賣朝廷從之錄梓之法其本此因是天下書籍遂廣然而板木工匠所費甚多至有一書字板功力不及數載難成雖有可傳之書人皆憚其工費不能印造傳播後世有人別生巧技以鐵爲印盛界行內用鈐泥青澆滿冷定取平火上再行煨化以燒熟兎字排於行內作活字印板爲其不便又有以泥爲盛界行內用薄泥將燒熟兎字排之再入窯內燒爲一段亦可爲活字板印之近世又有注錫作字以鐵條貫之作行嵌於盛內界行印書但上項字樣雖於率多印壞所以不能久行今又有巧便之法造於木作

(a) 王祯《农书》书影



(b) 造活字印书法

图 15-43　王祯《农书》载《造活字印书法》

图 15-44　回鹘文木活字

1908 年敦煌石室发现的 12～13 世纪之间的回鹘文木活字，高 2.2 厘米，宽 1.3 厘米，长 1～2.6 厘米。巴黎基迈博物馆（Musée Guimet）藏。

(a) 回鹘文木活字

(b) 回鹘文木活字

图 15-44　回鹘文木活字

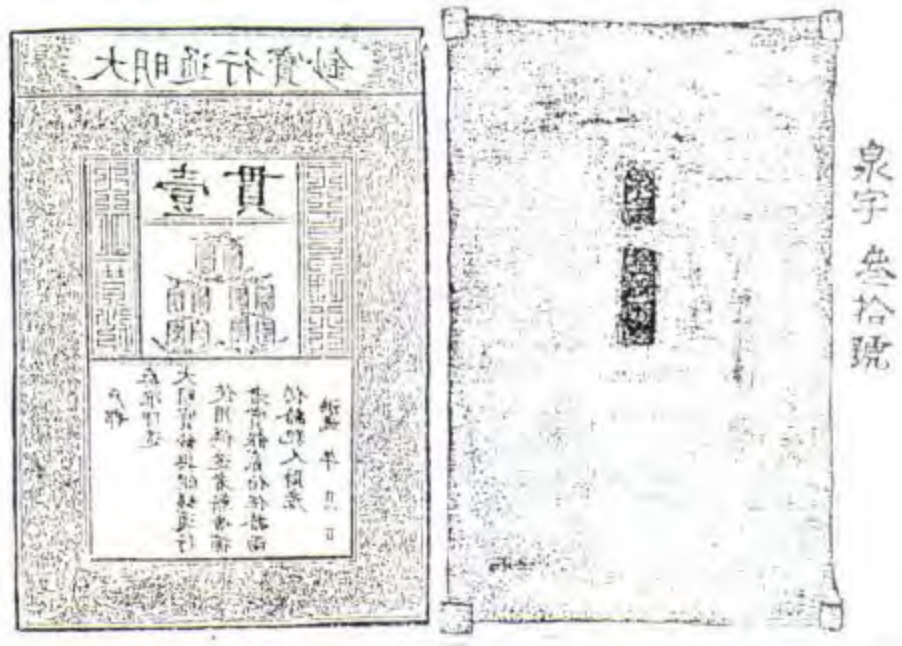
图 15-45　朱、墨双色印本《金刚经注》

元至正元年（1341）中兴路（今湖北江陵）资福寺出版的单版朱、墨双色印本《金刚经注》。大字经文印以朱，双行小字注文印以墨。插图中松树印以墨，以下皆印以朱。此为现存最早单版双色印本。原藏南京中央图书馆，现藏台北。

图 15-45　朱、墨双色印本《金刚经注》

图 15-46　“大明通行宝钞”铜版

明初洪武八年（1375）在南京开铸的纸币“大明通行宝钞”壹贯票面铜铸印版，直高32厘米，横宽20.8厘米，厚1.0厘米。贵州省博物馆藏。为保证币面有不同编号，需不断变换印版背面凹槽内的铜活字。



1. 正面拓片　　2. 背面拓片。有“泉字叁拾号”五个铜活字，排入凹槽中

(a)“大明通行宝钞”

(b)“大明通行宝钞”铜版

图 15-46　“大明通行宝钞”铜版

图 15-47　《容斋随笔》书影

图 15-47　《容斋随笔》书影

明弘治八年（1495）无锡华燧（1439～1513）会通馆印铜活字本《容斋随笔》，版框 23 厘米×15.5 厘米。中国国家图书馆藏。

图 15-48　明铜活字蓝墨印本《墨子》书影

明嘉靖三十一年（1552）福建芝城（建宁府）出版的铜活字蓝墨印本《墨子》15 卷。中国国家图书馆藏。

图 15-49　明彩色套印本《十竹斋书画谱》

明天启七年至崇祯六年（1627～1633）徽州休宁人胡正言（约 1582～1674）在南京主持以多版多色套印技术出版的四册本《十竹斋书画谱》，至 1633 年全部工程完成，此为图样之一。上海博物馆藏。

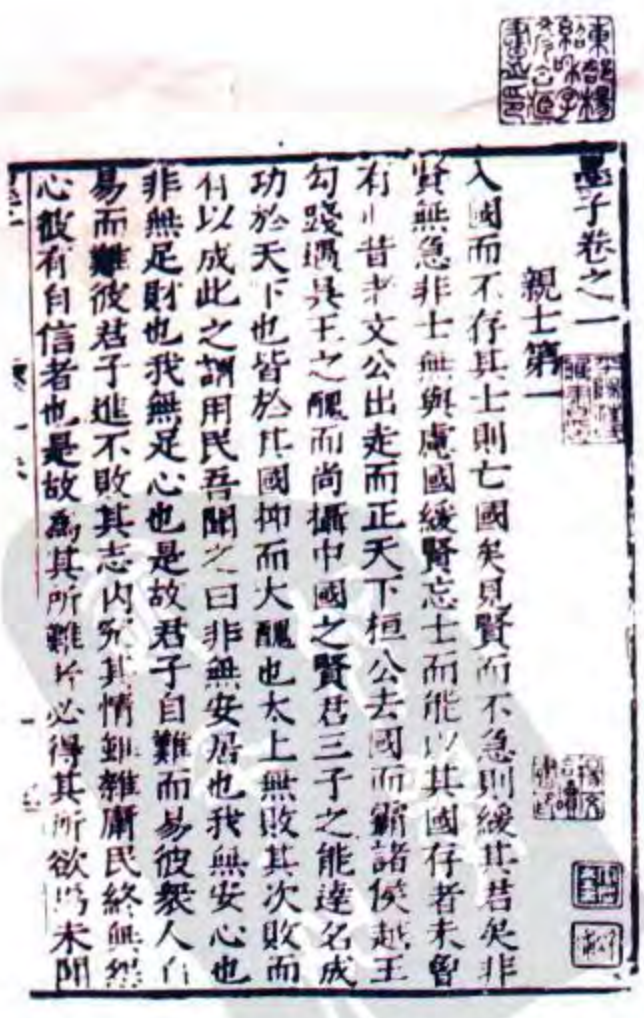


图 15-48　明铜活字蓝墨印本《墨子》书影

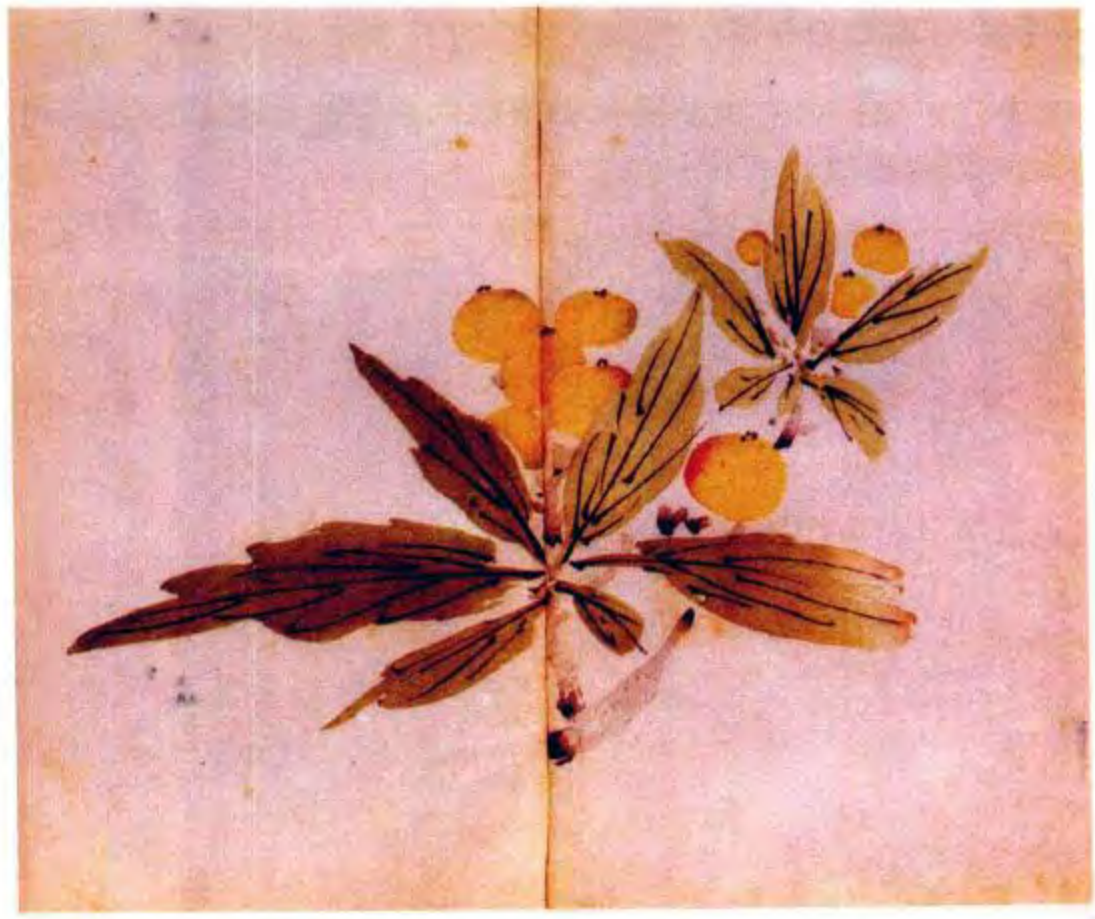


图 15-49　明彩色套印本《十竹斋书画谱》

图 15-50　明彩色套印本《萝轩变古笺谱》

明天启六年（1626）福建龙溪人颜继祖（字萝轩，约 1590～1639）在南京主持以多版多色套印技术出版的二册本《萝轩变古笺谱》，版框 21 厘米×14.5 厘米。上海博物馆藏。

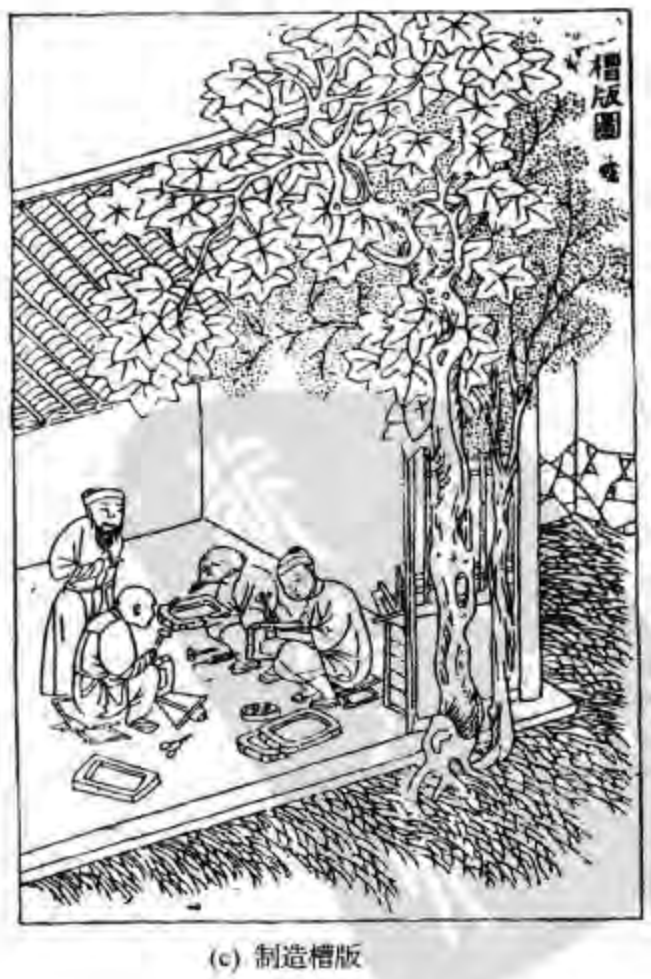
图 15-50　明彩色套印本《萝轩变古笺谱》

图 15-51　清木活字印书工艺过程图

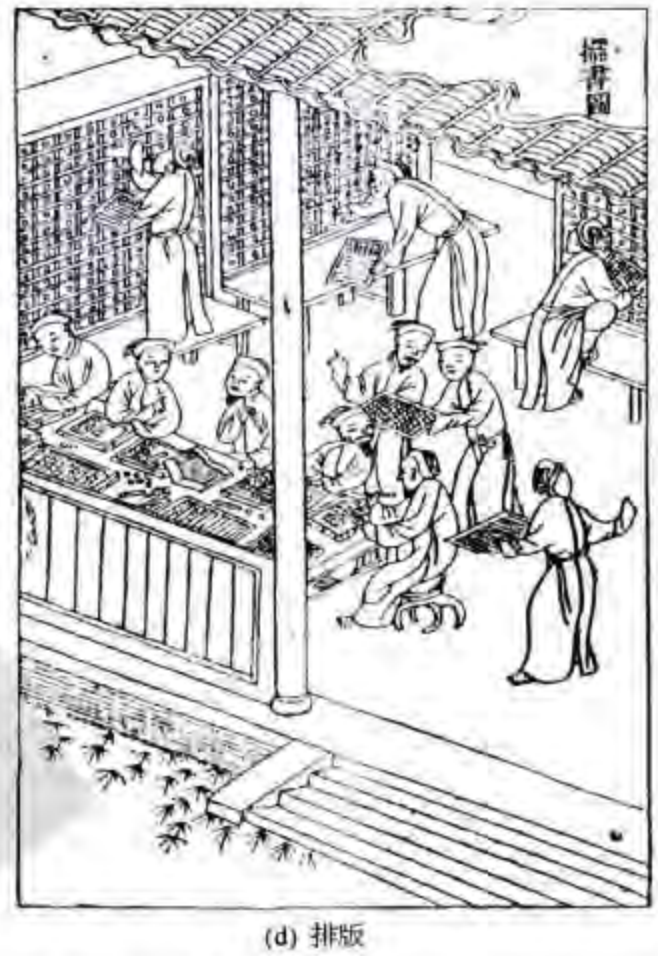
清乾隆三十八年（1773）内府武英殿修书处以木活字排印书籍的工艺过程图，取自金简（约 1724～1795）《武英殿聚珍版程式》（1776）。

(a) 制造木活字

(b) 刻字



(c) 制造槽版



(d) 排版

图 15-51　清木活字印书工艺过程图

图 15-52　木活字本《武英殿聚珍版程式》

清乾隆四十一年（1776）内府武英殿版木活字本《武英殿聚珍版程式》首页。作者金简（约 1724～1795）在书中详细叙述了内府所用的木活字印刷技术全过程，附插图 16 幅，是活字技术史中一重要文献。

图 15-52　木活字本《武英殿聚珍版程式》

图 15-53　清翟金生刊泥活字本《泥版试印初编》

清道光二十四年（1844）安徽泾县人翟金生（1775～约 1860）以毕昇技术制成泥活字排印的《泥版试印初编》，版框 16.7 厘米×10.5 厘米。中国国家图书馆藏。

图 15-53　清翟金生刊泥活字本《泥版试印初编》

第十六章　度　量　衡

《虞书 · 舜典》载，舜帝东巡泰山，宣告“协时月正日，同律度量衡”。也就是，颁布法令，使各地遵循同一个月日时间，统一音高标准（律）和度量衡制。《汉书 · 律历志》和《后汉书 · 律历志》据此将度量衡和“律历”置于史书同一篇目之中。历代沿袭，度量衡成为中国传统学问之一。

原始度量衡器大概就是人的身体。《史记 · 夏本纪》言及大禹“身为度，称以出”；《孔子家语 · 王言解》又说：“布指知寸，布手知尺，舒肘以寻，斯不远知则也。”度量衡器的起源可能还与某些自然物体的不变长度或大小相关，或与这种物体大小的统计平均值可确定度相关。以某种方式累黍、排黍的计量方法，从汉迄清一直为人们所探讨，就是这种起源说之一例（图 16-55）。实际上，度量衡是人们的生活、生产以及贸易交换所必需的一种行为准则和技术手段。

本章收录的度，大多是考古发掘的历代尺。其制作材料有象牙、铜、铁、木、竹等，多种多样。工艺也极为精湛。秦始皇颁诏统一度量衡，是中国历史上一件大事。但是，迄今考古发掘的诸多历代用尺，尚不足以连续地判定历代度的数量变化及其关系。值得指出的是，新莽铜卡尺（图 16-11）的构形与用法可视为近代卡尺之祖，人们可用它测量深度和圆球直径。它是计量史上中国的一大创造。

“量”以度为基础。“量”的准确性也依赖于度。在中国历史上有大量的各式各样量器，其材质与外形也多样化。迄今发现大量秦量器和新莽量器，显然与其颁诏标准量器有关。山东邹县出土陶量（图 16-19），可见秦始皇统一度量衡影响之深远。标准量器的制作也极为精致。如战国后期铜量即安邑下官钟（图 16-14），还特别刻出“至此”二字，以防过量或不足。本章收录的大多数量器均可看作历史上的艺术珍品。如新莽铜嘉量（图 16-28），将大小不同的五种标准量器集中在一具上，其构思巧妙，堪称度量衡史或计量史上的一个奇迹。

本章称为“衡器”，即权衡器。它包括权与衡二种部件。“权”，称砝码或秤砣。前者多用于天平，后者多用于杆秤（不等臂秤）。“衡”，或指天平杆，或指秤杆。杆秤何时在中国问世？学界尚在争论。本章作者照目前惯例，在图 16-31～图 16-44 中，称为权或砝码；从图 16-45 所示北魏衡器起，方见“秤砣”二字。实际上，一般认为，汉代必有杆秤。也有人认为，战国《墨经》中已讨论了杆秤理论，即不等臂秤的杠杆力学原理，甚或此时已有杆秤。在南北朝之前，“权”不仅有悬挂之鼻钮，且多为单个出土；而砝码多是成组成套，方能足于秤物之需要。要对这些争论下结论，尚需时间。绘有衡器的艺术作品，本章也收录了其中一部分（图 16-53）。

度量衡的单位数值，在历史进程中有越来越大的倾向。度量衡史的研究是一个复杂的综合性课题。

图 16-1　商代牙尺

传河南安阳殷墟出土，长 15.78 厘米，宽 1.6 厘米，厚 0.5 厘米。正面刻 10 寸，每寸

刻 10 分。表面已剥蚀。今藏中国国家博物馆。

图 16-1 商代牙尺

图 16-2 战国铜尺

图 16-2 战国铜尺

传 1931 年河南洛阳金村东周墓出土，长 23.1 厘米，宽 1.7 厘米，厚 0.4 厘米，仅在尺的一侧刻 10 寸，第 1 寸内刻 11 格，其余 9 寸未刻分，5 寸处刻交午线。据考，为战国中晚期器物。今藏南京大学。

图 16-3 满城汉墓铁尺

1968 年河北满城西汉中山靖王墓出土，两面有错金云纹。正背面各等分十寸。其中一面第三寸为三等分，第五寸为五等分，第七寸为七等分，第九寸为九等分，其余各寸未刻分。一尺长合 23.2 厘米。今藏中国社会科学院考古研究所。

图 16-4 贵县罗泊湾木尺

1976 年广西贵县罗泊湾汉墓出土。杉木制，表面光滑平整。正面刻十寸，未刻分。正中刻十字交午。刻线内填红漆。一端有孔。全长 23 厘米，宽 1.2 厘米，厚 0.2～0.25 厘米。今藏广西壮族自治区博物馆。

图 16-5 宁夏固原象牙尺

1974 年宁夏固原大坑堰东汉墓出土。两侧刻寸，未刻分。中饰流云纹，两端饰菱纹。纹饰朱漆，具汉代彩绘风格。长 22.95 厘米。今藏宁夏自治区博物馆。

图 16-6 梧州铜尺

1973 年广西梧州郊区东汉墓出土。两面刻有夔龙纹，一侧刻十寸，一端有孔。长 23.72 厘米。今藏梧州市博物馆。

图16-3　满城汉墓铁尺

图16-4　贵县罗泊湾木尺

图16-5　宁夏固原象牙尺

图16-6　梧州铜尺

图 16-7　甘肃定西铜丈

1927 年甘肃定西称钩驿出土，属王莽新朝标准铜丈。丈面无尺寸分割纹。已断折。全长 229.2 厘米。今藏台北故宫博物院。

图 16-7　甘肃定西铜丈

图 16-8　嘉峪关骨尺

1972 年甘肃嘉峪关新城一号曹魏墓出土。等分十寸。两侧对称各一圆圈为寸，中心线上一圆圈为半寸。五寸处九圆圈组成环。一端有孔。长 23.8 厘米。今藏甘肃省博物馆。

图 16-9　唐代象牙尺

唐代绿牙拔镂尺两只。正背两面饰花鸟纹。十个寸格。镂刻精细。长分别为 29.7 厘米和 30.2 厘米。今藏上海博物馆。

图 16-8　嘉峪关骨尺

图 16-9　唐代象牙尺

图 16-10　唐木尺

1937 年新疆吐鲁番阿斯塔那 191 号唐墓出土。正面刻十寸，未刻分。两端已磨光亮，为日常用尺。长 29.3 厘米。今藏新疆维吾尔自治区博物馆。

图 16-10　唐木尺

图 16-11　新莽铜卡尺

1927 年甘肃定西县出土新莽始建国元年（公元 9 年）制铜卡尺一具。它由固定尺和滑动尺组成，其上有刻度。外形和使用法类似近代卡尺，可用以测量圆径和深度。今藏中国国家博物馆。

图 16-11　新莽铜卡尺

图 16-12　战国廪陶量

图 16-12　战国廪陶量

1951 年山东邹县纪王城出土。泥质灰陶，直口，深腹，平底，腹两侧对称横柄。内底戳印一“廪”字，示意仓廪用量具。高 33 厘米，口径 30 厘米，可容 20 000 毫升，容量与齐国釜相当。今藏山东省博物馆。

图 16-13　战国子禾子釜、陈纯釜

二具均清咸丰七年（1857）出土于山东胶县灵山卫。同为战国中期齐国量器之一类——陶釜。小口、深腹、平底，腹侧两耳，形如罐。“子禾子”是田和为齐大夫时称谓。子禾子釜腹外壁铭文九行 109 字。陈纯釜腹外壁铭文七行 34 字。二者之铭文均严格规定对量器的管理制度，是齐国统一量制的政令。前者高 38.5 厘米，口径 22.3 厘米，底径 19 厘米，容 20 460 毫升；后者高 39 厘米，口径 23 厘米，底径 18 厘米，容 20 580 毫升。二者之差数为今日测量者之实测工具、视角等所造成。前者今藏中国国家博物馆，后者今藏上海博物馆。

(a) 子禾子釜

(b) 子禾子釜铭文

(c) 陈纯釜

(d) 陈纯釜铭文

图 16-13　战国子禾子釜、陈纯釜

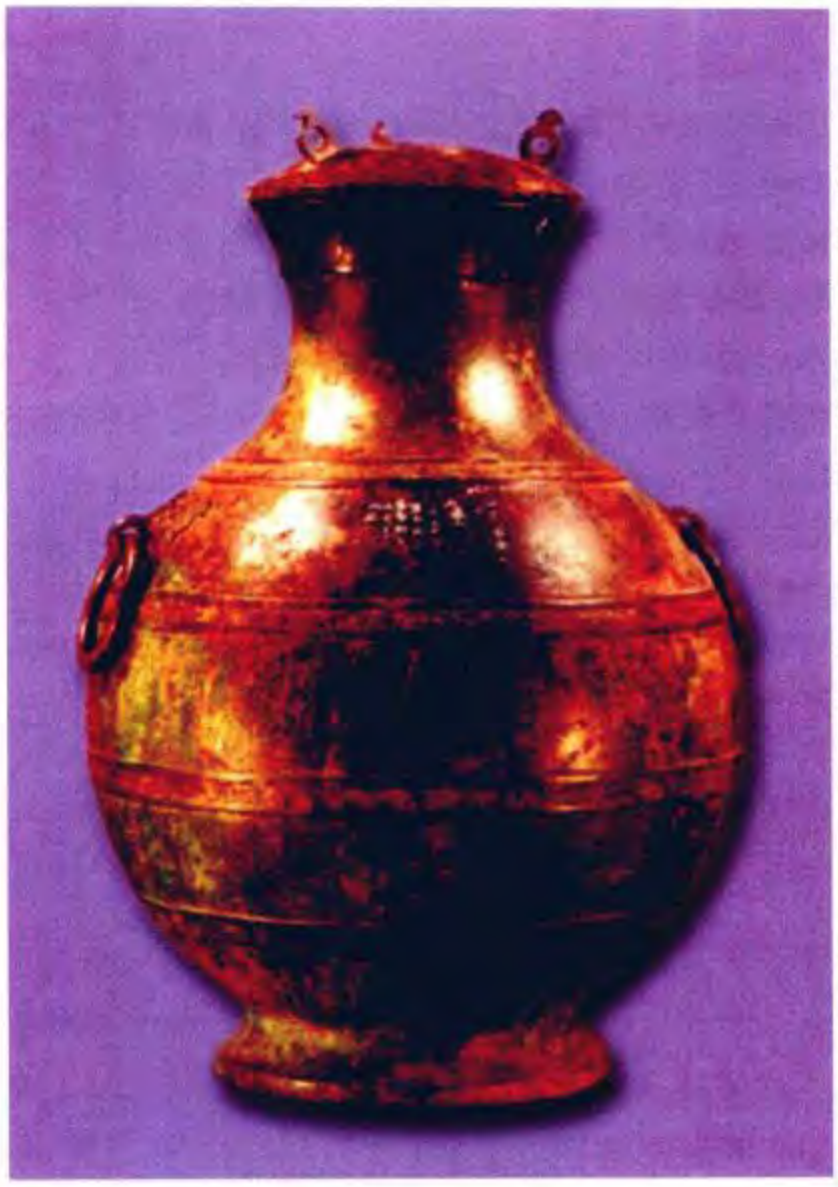


图 16-14　安邑下官钟

图 16-14　安邑下官钟

1966 年陕西咸阳塔儿坡出土战国后期铜量器——安邑下官钟。椭球形体、敛径、圈足。盖上三环钮、云饰，腹两侧铺首衔环耳，自肩至腹下四道带纹，带上镶嵌松石。腹部铭文 27 字，自名为“钟”，并记造器年代、官吏及容量。颈部刻一横线，并“至此”二子，系容量标准之标记。口沿另有五字，记容积，但字体与腹部铭文不同，为秦人字体。此原系魏国器，后落入秦人之手。通高 56 厘米，口径 19 厘米。今藏咸阳市博物馆。

图 16-15　战国楚铜量

1933 年安徽寿县朱家集出土。战国后期量器。形似杯，直口、深腹、平底，腹一侧有环钮。大者高 12.2 厘米，底径 11.7 厘米，腹深 11.5 厘米，容 1140 毫升，重 1.5 千克。小者高 6.3 厘米，口径 6.4 厘米，容 200 毫升。今藏安徽省博物馆。

图 16-15　战国楚铜量

图 16-16　商鞅铜方升

图 16-16　商鞅铜方升

上海博物馆藏商鞅铜方升一具。全长 18.7 厘米，内方矩之长 12.4774 厘米，宽 6.9742 厘米，深 2.323 厘米。计算容积为 202.15 立方厘米。器长方形，有短柄，器壁三面及底部均刻铭文。由铭文可知，此器乃秦孝公十八年（公元前 344）商鞅任“大良造”时所颁发的标准量器。方升底部加刻秦始皇二十六年诏书，表明秦统一中国后，仍以商鞅所定制度和标准器作为统一全国度量衡之标准。

图 16-17　秦廿六年诏版、秦二世诏版

秦廿六年诏版［图 16-17（a）］，为秦法令诏书。1961 年陕西咸阳长陵车站出土。长方形，上刻秦始皇廿六年（公元前 221）统一度量衡诏书四十字。长 10 厘米，宽 6.5 厘米，厚 0.2 厘米。今藏陕西省博物馆。秦二世诏版［图 16-17（b）］长方形，背呈弧状，中间一凸鼻，以备镶嵌权量之用。上刻秦始皇廿六年诏文及二世元年（公元前 209）诏文，以示继统一度量衡之制。长 10.1 厘米，宽 6.65 厘米。传清道光间陕西长安出土。今藏中国国家博物馆。

(a) 秦廿六年诏版

(b) 秦二世诏版

图 16-17　秦廿六年诏版、秦二世诏版

图 16-18　始皇廿六年诏方升、椭量

方升［图 16-18（a)］、椭量［图 16-18（b)］均为铜质。秦量器。铜方斗升，直壁、短柄。全长 18.7 厘米，宽 6.9 厘米，深 2.51 厘米，内口长 12.47 厘米，容 215.65 毫升。外侧一壁刻诏书三行。现藏上海博物馆。铜椭量呈瓢状，短柄。全长 24.6 厘米，高 4.8 厘米，口长 17.8 厘米，宽 9.8 厘米，容 490 毫升。外侧刻诏书 40 字。今藏天津历史博物馆。诏书文字二器同："廿六年，皇帝尽并兼天下诸侯，黔首大安，立号为皇帝。乃诏丞相状、绾，法度量，则不壹，歉疑者，皆明壹之。"此诏书表明，秦始皇兼并天下，统一中国后，百姓安宁，乃诏令丞相隗状、王绾制订有关度量衡法。

(a) 始皇廿六年诏方升

(b) 始皇廿六年诏椭量

图 16-18　始皇廿六年诏方升、椭量

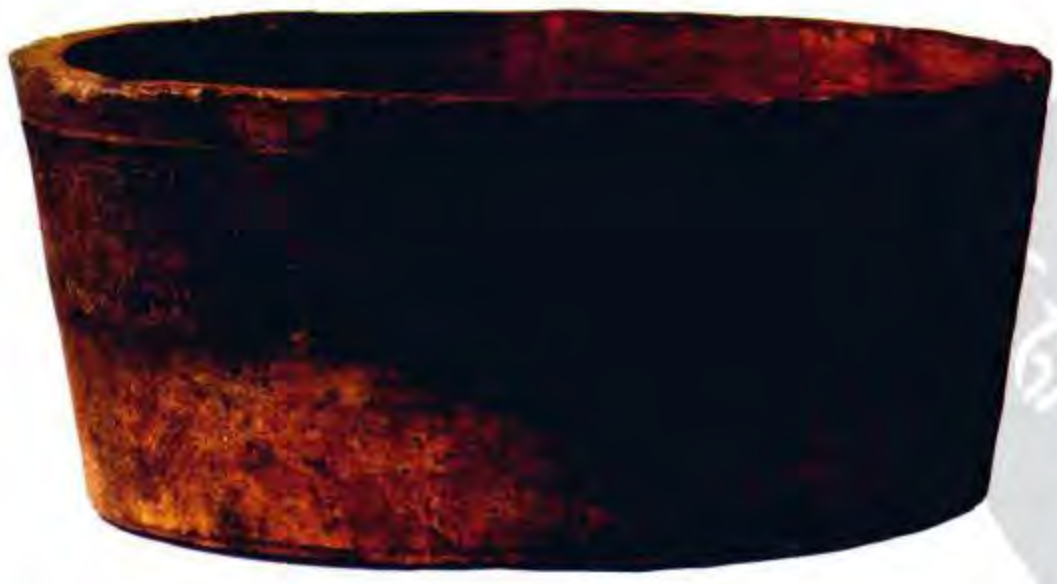


图 16-19　秦始皇诏陶量

图 16-19　秦始皇诏陶量

1963 年山东邹县纪王城出土。泥质灰陶，直口平沿，腹壁斜直，平底。壁外篆书始皇廿六年诏书 40 字。高 9.4 厘米，口径 20.4 厘米，底径 17.7 厘米。今藏山东省博物馆。该量器内底戳印两个"鬻"字，近口处一"鬻"字。邹制秦量，是秦代在全国统一度量衡的实物例证。

图 16-20　平都铜椭量

西汉量器，外形与始皇诏铜椭量相似。有锈蚀、折损。高 6.5 厘米，口长 18.5 厘米，宽 9 厘米，容 645 毫升。一侧为小篆铭文："元年十月甲午，平都戍、丞纠、仓亥，佐葵犁斛。""容三升少半升，重二斤十五两。"另一侧刻"平都"二字。平都今在陕西子长县境内。今藏天津历史博物馆。

图 16-20　平都铜椭量

图 16-21　满城汉铜量

1968 年河北满城西汉中山靖王墓出土。椭圆形环，侈口，内壁斜直，平底、口沿带一长柄。通长 8.8 厘米，内口径 3.1 厘米，内底径 1.7 厘米，内深 1.65 厘米，容 7.676 毫升。今藏河北省博物馆。

图 16-21　满城汉铜量

图 16-22　满城汉镬

1968 年河北满城西汉中山靖王墓出土铜镬。敞口、敛颈、鼓腹，假圈足，腹部有铺首衔环一对。口沿上铭文“中山内府铜镬”等 24 字。高 22.5 厘米，口径 41 厘米，腹径 37.3 厘米，底径 14 厘米，实测容量 18 570 毫升。今藏河北省博物馆。

图 16-22　满城汉镬

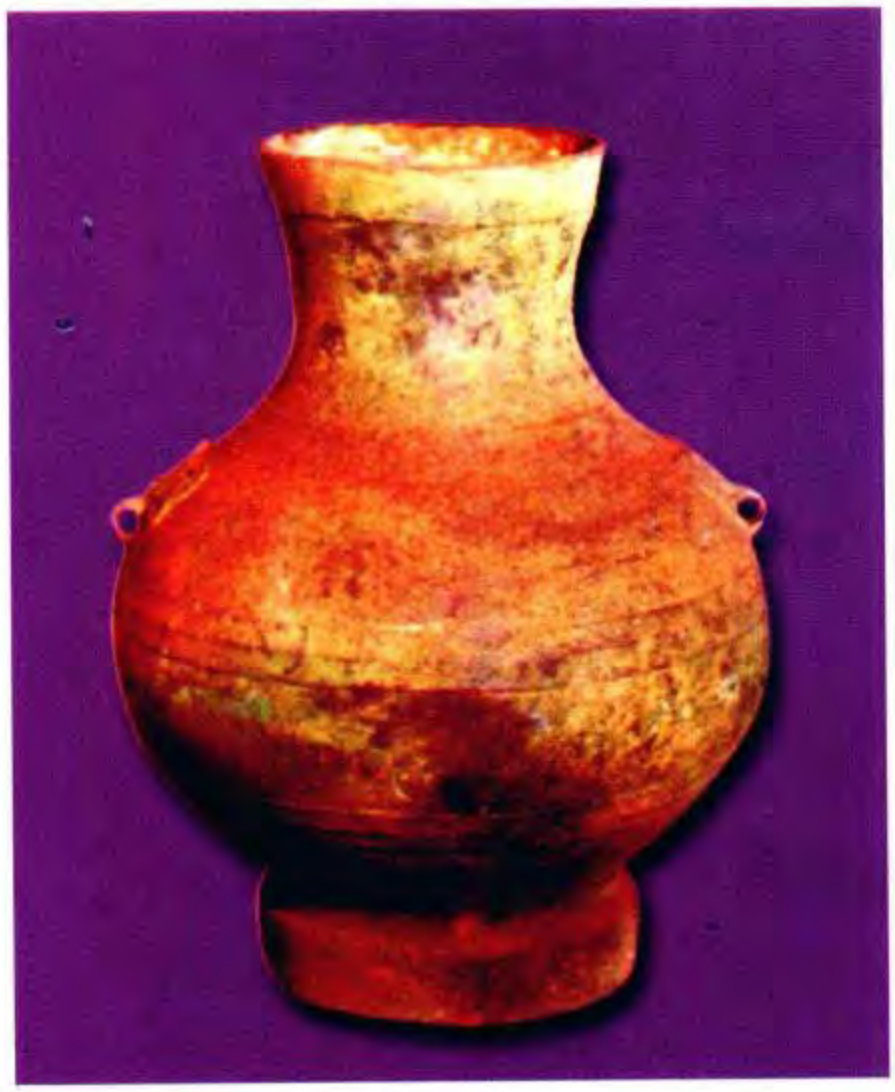


图 16-23　代食官糟钟

图 16-23　代食官糟钟

1961 年山西太原东太堡出土西汉定量铜质容器。器形似壶、圆口、短颈、鼓腹、平底、圈足。腹上部有对称铺首衔环。腹饰宽带纹三周，并有铭文“代食官糟钟，容十斗。第十”字样。通高 46 厘米，口径 18 厘米，底径 20 厘米，腹径 31.5 厘米。实测其容为 20 400 毫升。今藏山西省博物馆。

图 16-24　夷道官铜斛

西汉量器，圆筒形，两侧有把手，腰部三道弦纹。一面有“夷道官”三字阳文。“夷道”，县名，今湖北宜都县西北。此器为夷道县官所制量器。高 24.5 厘米，口径 35 厘米，底径 34 厘米。实测容量为 20 300 毫升。今藏辽宁省博物馆。

图 16-24　夷道官铜斛

图 16-25　新莽诏版

1982 年甘肃合水县定祥村出土。诏版正方形，正面篆书九行 81 字。有“同律度量衡，稽当前人”，“龙在己巳，岁次实沈，初班天下，万国永遵”等字。“己巳”即新莽始建国元年（公元 9 年），诏版统一度量之制。今藏甘肃省博物馆。

图 16-25　新莽诏版

图 16-26　新莽铜籥

1970 年陕西咸阳市布里村出土，新莽始建国元年（公元 9 年）颁布的标准量器之一。铜籥圆形、浅腹、平底，有长柄。籥面饰夔凤纹。柄正面有铭文，背面也有“始建国元年正月癸酉朔日制”文字。全长 13 厘米，高 1.37 厘米，口径 3.7 厘米。实测籥内径 3.3 厘米，深 1.15 厘米，计容积 9.898 毫升。今藏咸阳市博物馆。

图 16-26　新莽铜籥

图 16-27　新莽铜方斗

新莽始建国元年（公元 9 年）颁布的标准量器之一。方口、直壁、短柄。器正立面浮雕朱雀纹，余三面漆画黍、麦、豆、禾、麻纹。器侧铭文：“律量斗，方六寸，深四寸五分，积百六十二寸。容十升。始建国元年正月癸酉朔日制”。器下侧刻“嘉黍”、“嘉麦”、“嘉豆”、“嘉禾”、“嘉麻”篆书五行。实测通长 23.92 厘米，高 11 厘米，口长宽均为 14.75 厘米，容 1940 毫升。今藏中国国家博物馆。此器表明，度量衡制在秦汉两代曾处于长期稳定状态。

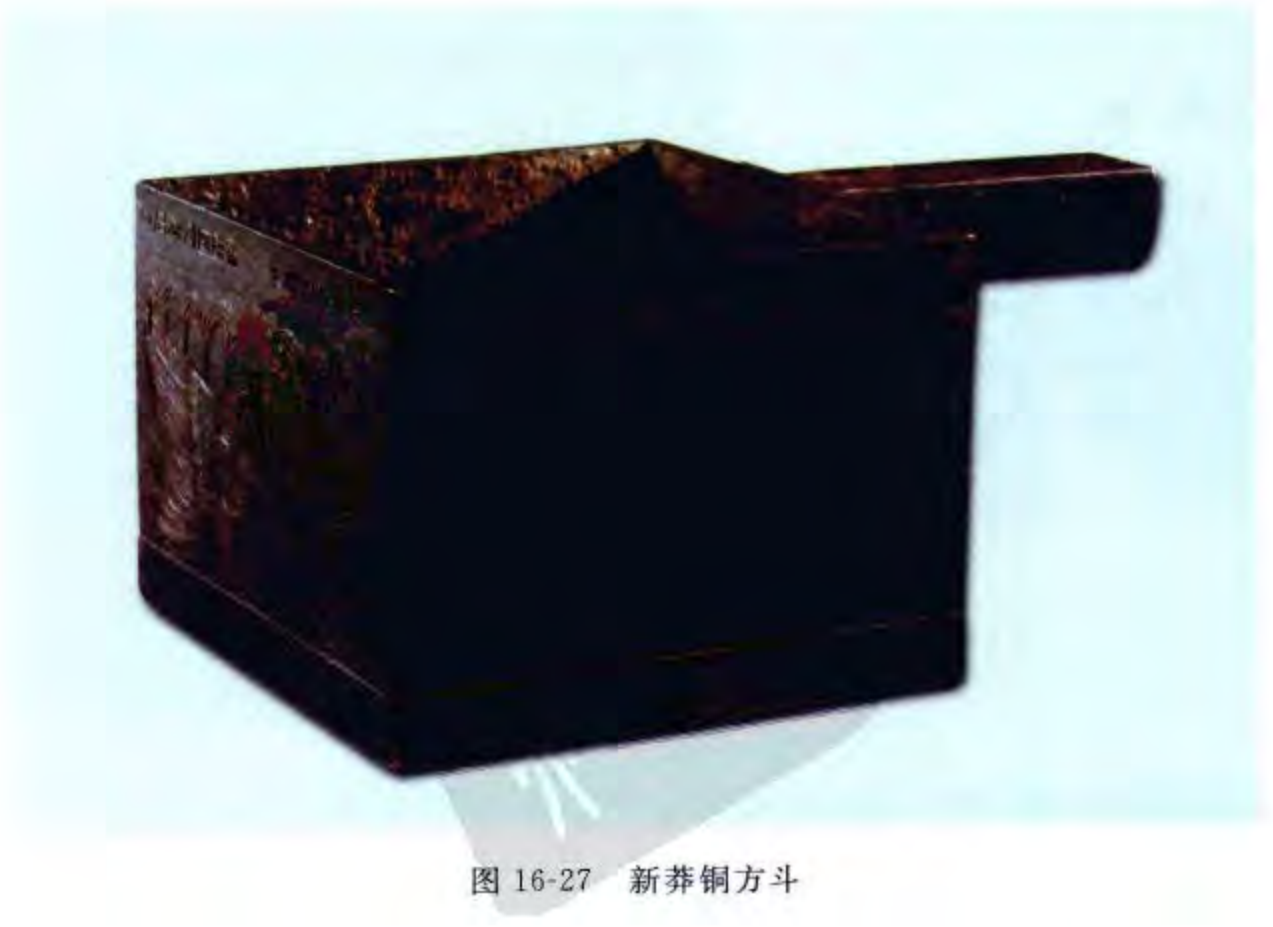


图 16-27　新莽铜方斗

图 16-28　新莽铜嘉量

新莽朝颁布的标准量器，将五种不同的标准量集于一器之中。器外有铭文。中央大圆筒被隔成上、下两个筒，上为斛、下为斗；左耳为升；右耳也被上下分开为合、龠。当用斗、龠时，将整个量器倒置。它与《汉书·律历志》所载“嘉量”在形体上完全相同。今测定各量值如图 16-28 所示。此器今藏台北故宫博物院。

量器名	口径/厘米	深/厘米	容器（水）/毫升
龠	3.231	1.2865	10.65
合	3.29	2.4165	21.125
升	6.494	5.7795	191.825
斗	32.5645	2.2675	2012.5
斛	32.948	22.895	20 097.5

图 16-28　新莽铜嘉量

图 16-29　建武十一年大司农铜平斛

1953 年甘肃古浪县出土。圆形，左右有对称短柄，腹上下各有宽箍一道。近柄处有检封用凸起方框。腹部篆书铭文，指出器名、制造年月。建武十一年即公元 35 年。实测高 24.4 厘米，径 34.5 厘米，容 19 600 毫升。今藏中国国家博物馆。

图 16-29　建武十一年大司农铜平斛

图 16-30　光和二年大司农铜平斛

传清嘉庆二十年（1815）河南睢州出土。东汉量器。口沿及底边同铭，记载光和二年（179）大司农发布诏书，并于秋分日检定，以保证全国量值统一。此斛由大司农丞、右仓曹等各级官吏监制，器壁尚刻有“安阳”二字。实测高 22.4 厘米，口径 37 厘米，容 20 400 毫升。今藏上海博物馆。

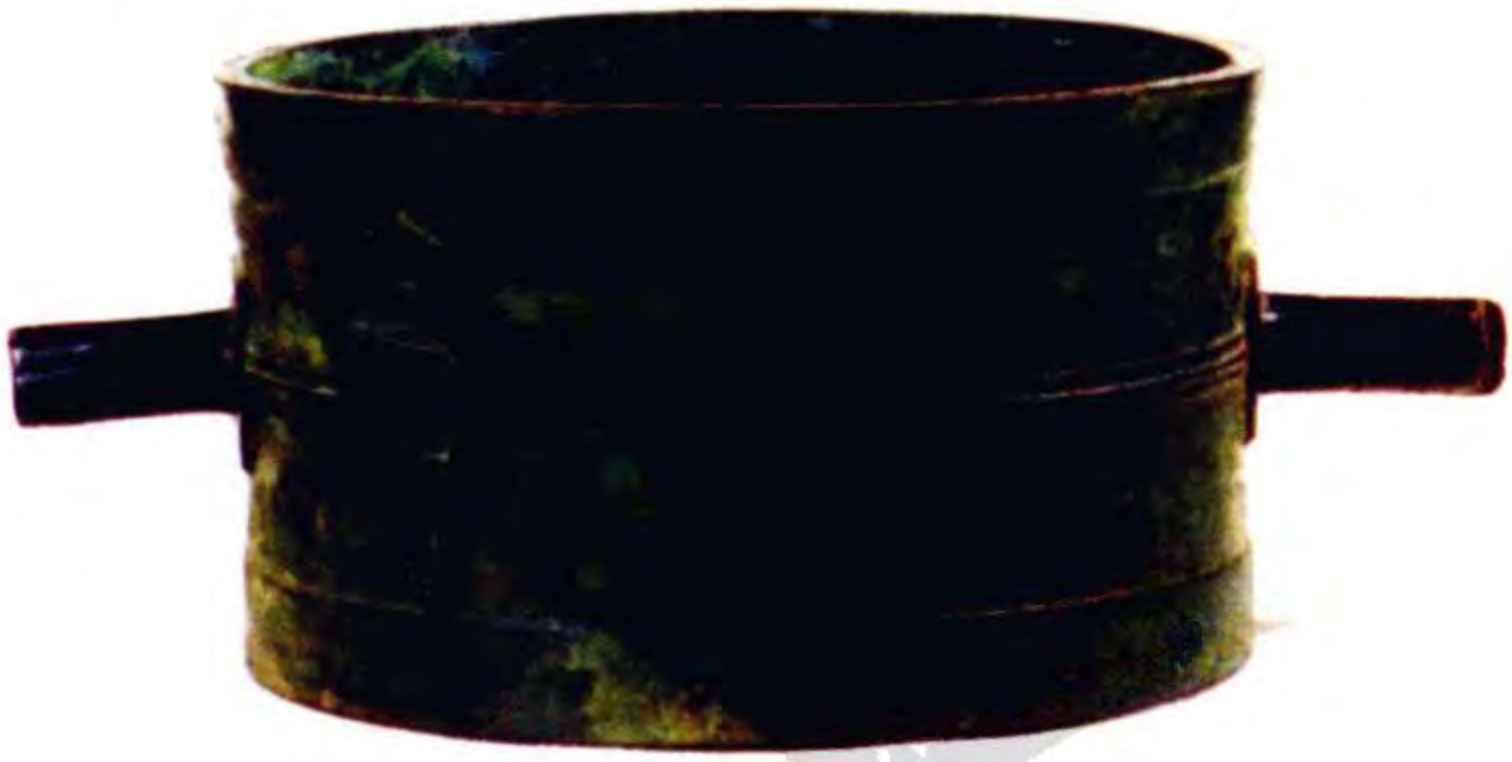


图 16-30　光和二年大司农铜平斛

图 16-31　春秋齐铜权

春秋齐国“右伯君”铜权。球冠形、高鼻纽，周围阴文铭“右伯君、西里疸”。前三字为主造人，后者为住地“西里”叫“疸”的工匠。高 3.6 厘米，底径 3.8 厘米，重 198.4 克。可能是当时“一斤权”。今藏中国国家博物馆。

图 16-31　春秋齐铜权

图 16-32　战国楚天平

1954 年湖南长沙左家公山 15 号战国墓出土楚国天平一具。木衡杆长 27 厘米，铜盘二个，直径 4 厘米。9 个环形砝码重量分别为：0.6，1.2，2.1，4.6，8，15.6，31.3，61.8，125 克。木衡杆正中有提纽穿线孔。最大砝码 125 克，可能为其时之半斤。今藏湖南省博物馆。

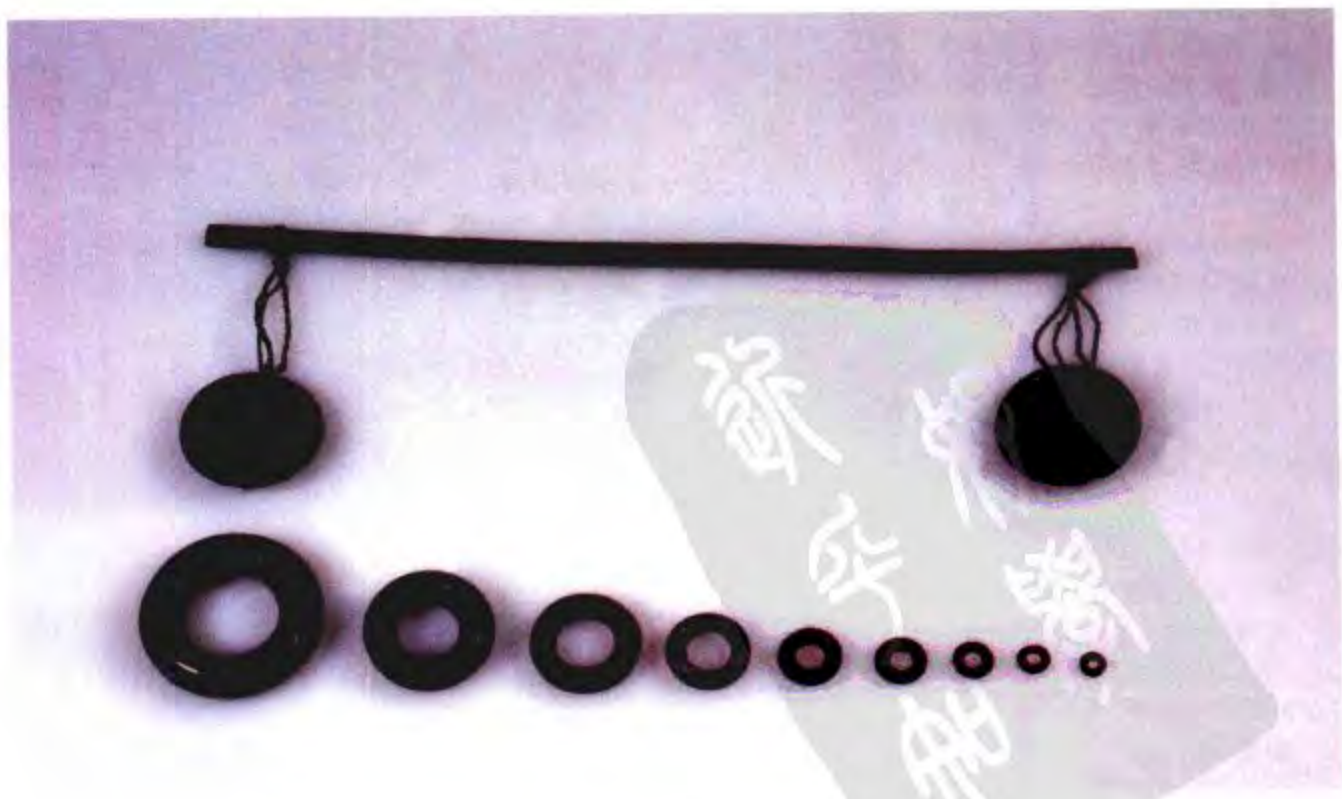


图 16-32　战国楚天平

图 16-33　王字铜衡杆

传安徽寿县出土，共两件，形制长短同。战国后期衡器。一件，正中有鼻钮，钮下拱肩，正面有十等分刻线，背面钮下刻一“王”字；另一件，正面中间二寸有寸刻线，余每半寸有刻度，背面中部和一端，各横刻一“王”字。杆长相当战国一尺。今藏中国国家博物馆。

图 16-33　王字铜衡杆

图 16-34　战国砝码范

1959 年安徽凤台出土。范四边翘起呈盘状，上下两短边平行，左右两长边对称弧形，中间 10 个大小不等砝码铸型，浇口在范中心。范长 10.9 厘米，宽 9.3 厘米，重 280 克。现藏安徽省博物馆。

图 16-34　战国砝码范

图 16-35　高奴铜权

1964 年陕西西安三桥镇高窑村出土。战国秦衡器。权呈半球形，平底，鼻钮。通高 17.2 厘米，底径 23.6 厘米，腹围 76 厘米，重 30.8 千克。上有铭文三段。一为铸刻阳文：

“三年，漆工熙，丞诎造，工隶臣牟。禾石。高奴。”“高奴”即今陕西延川县境。一为阴刻秦始皇廿六年诏书（诏书内容同图16-18）。一为秦二世元年（前209）诏书：“元年制诏丞相斯、去疾，法度量，尽始皇帝为之，皆有刻辞焉。今袭号，而刻辞不称始皇帝，其于久远也，如后嗣为之者，不称成功盛德。刻此诏，故刻左，使毋疑。”此权自始铸至秦二世元年，三次铸刻铭文，长期作为标准器使用，反映了自战国至秦朝一直保持着统一的度量衡制。今藏陕西省博物馆。

图 16-35　高奴铜权

图 16-36　始皇诏八斤铜权

秦衡器。半球形，鼻钮。权身环周刻秦始皇廿六年统一度量衡诏书，并铸阳文“八斤”。高 5.5 厘米，底径 9.8 厘米，重 2.064 千克。今藏中国国家博物馆。

图 16-36　始皇诏八斤铜权

图 16-37 始皇诏十六斤铜权

秦衡器，球冠形，有鼻纽，纽下刻“十六斤”三字，权体上刻秦始皇廿六年诏书。高8.2厘米，底径12厘米，底部凿有方槽，似为校正权重所为。重4.185千克。今藏中国国家博物馆。

图 16-37 始皇诏十六斤铜权

图 16-38 始皇诏铁权

甘肃天水出土。秦衡器。高19厘米，重32.5千克。秦始皇廿六年铜诏版嵌于铁权上。如此之重的铜诏铁权较罕见。今藏甘肃省博物馆。

图 16-38 始皇诏铁权

图 16-39　秦两诏铜权

1967 年甘肃秦安县出土。秦衡器。锽形，空腹，鼻钮。面刻始皇廿六年诏书和秦二世元年诏书。高 7 厘米、底径 5.2 厘米，重 250.4 克。今藏甘肃省博物馆。

图 16-39　秦两诏铜权

图 16-40　大驼铜权

图 16-40　大驼铜权

秦衡器。八面柱体，空腹。权身有始皇廿六年诏和二世元年诏，顶部横梁左右有阴文篆书“大驼”二字。高 5.9 厘米，重 2.3 千克。今藏南京博物院。

图 16-41　官累铜权

西汉衡器。半球形，鼻钮因经常使用而磨光亮。权身刻“官累，重斤十两”。“累”与“权”同。“官累”意指官府颁发的标准器。高 4.3 厘米，底径 5.2 厘米，重 397 克。今藏中国国家博物馆。

图 16-41　官累铜权

图 16-42　武库一斤铜权

西汉衡器。传陕西富平出土。半球形，鼻钮。权身刻“武库一斤”四字。高 3.2 厘米，底径 4.6 厘米，重 252 克。今藏北京大学。

图 16-42　武库一斤铜权

图 16-43　汉代竹衡杆、环铜权

1975 年湖北江陵凤凰山 168 号汉墓出土。衡杆竹质长 29.2 厘米，宽 1 厘米，厚 0.3 厘米。环权重 10.75 克，外径 3 厘米。衡杆正中上侧钉一铜环。两端钻空，空内插竹钉，以系衡盘。杆上有墨书 41 字，内容为：此衡发给经商婴家称钱用，标准不得更改，否则将处以徭役十天。今藏湖北荆州地区博物馆。

图 16-43　汉代竹衡杆、环铜权

图 16-44　新莽铜衡杆、铜环权

1927 年甘肃定西县称钩铎出土。部分实物藏中国国家博物馆，另部分实物藏台北故宫博物院。藏中国国家博物馆的有铜衡杆、铜环权“四钧”和“九斤”各一个［图 16-44（a）、（b）］。杆为扁平长方体，左端悬钮已残。中部刻铭文 81 字。“四钧”铜环权有铭文“律石权、重四钧”，合每斤 249.6 克。“九斤”铜环权上铭文“律九斤，始建国元年正月癸酉朔日制”，合每斤 246.98 克。藏台北故宫博物院的有铜环权三斤、六斤和二钧权，铜衡钩一个［图 16-44（c）～（f）］。

(a) 铜衡杆

(b) 铜环权（左，四钧权；右，九斤权）

(c) 三斤权

(d) 六斤权

(e) 二钧权

(f) 铜衡钩

图 16-44 新莽铜衡杆、铜环权

图 16-45　铁秤砣

北魏衡器。1974 年河南渑池车站出土。呈瓜形，八棱，圆足，有鼻钮。高 3 厘米，底径 4.7 厘米，重 155 克。今藏河南省博物馆。

图 16-45　铁秤砣

图 16-46　铜秤砣

北朝衡器。故宫博物院藏。瓜形，圆足，鼻钮。高 3.8 厘米，底径 3.8 厘米，重 487.5 克。中国国家博物馆藏类似铜秤砣 5 具，重量无规。

图 16-46　铜秤砣

图 16-47 武平铁秤砣

图 16-47 武平铁秤砣

北齐衡器。藏中国国家博物馆。葫芦形。鼻钮。砣面分刻“武平”、“元年”铭。此权与上述二权已脱离半球鼻钮形制，与后代秤砣一致。

图 16-48 熙宁铜砣

北宋衡器。1972 年浙江瑞安出土。环钮，五瓣瓜棱形，上下饰花瓣。上有铭文十五行，内容涉及制造地“池州”（今安徽贵池县）、年代北宋“熙宁”年间，监造官吏，工匠以及有关官府文书要求制造标准铜砣等。高 33 厘米、底径 21.5 厘米，重 62 千克。今藏瑞安县文化馆。

图 16-48 熙宁铜砣

图 16-49　金朝铜砝码

金朝衡器。1978 年北京复兴门外出土。鼓形，面刻圆内接方形及线点图案，方内铭文示“大定十五”年（1175）尚方署造。高 5 厘米，面径 11 厘米。重 3962.58 克。今藏北京市文物管理处。

图 16-49　金朝铜砝码

图 16-50　大都铜砣

图 16-50　大都铜砣

元代衡器。1957 年内蒙古乌兰察布盟兴和县魏家村出土。六面体形，方钮，下为柱础状，平底。刻阴铭“元贞元年，大都路造”。背面铸刻“三十五斤称”和八思巴文“斤半锤”。余四面分铸回鹘蒙文和波斯文。高 9.5 厘米，底宽 5.4 厘米，重 878.4 克。今藏内蒙古自治区博物馆。

图 16-51　万历戥子

中国国家博物馆藏品。紫檀木杆，白银砣、盘。砣底刻“万历年造”四字。杆三面嵌银星分度，有三纽。杆长 42 厘米，盘径 10.6 厘米；砣高 5.5 厘米，厚 2.1 厘米，宽 3.2 厘米；砣重 144.1 克。以第三纽校一两重 35.8 克，合每斤 572.8 克。

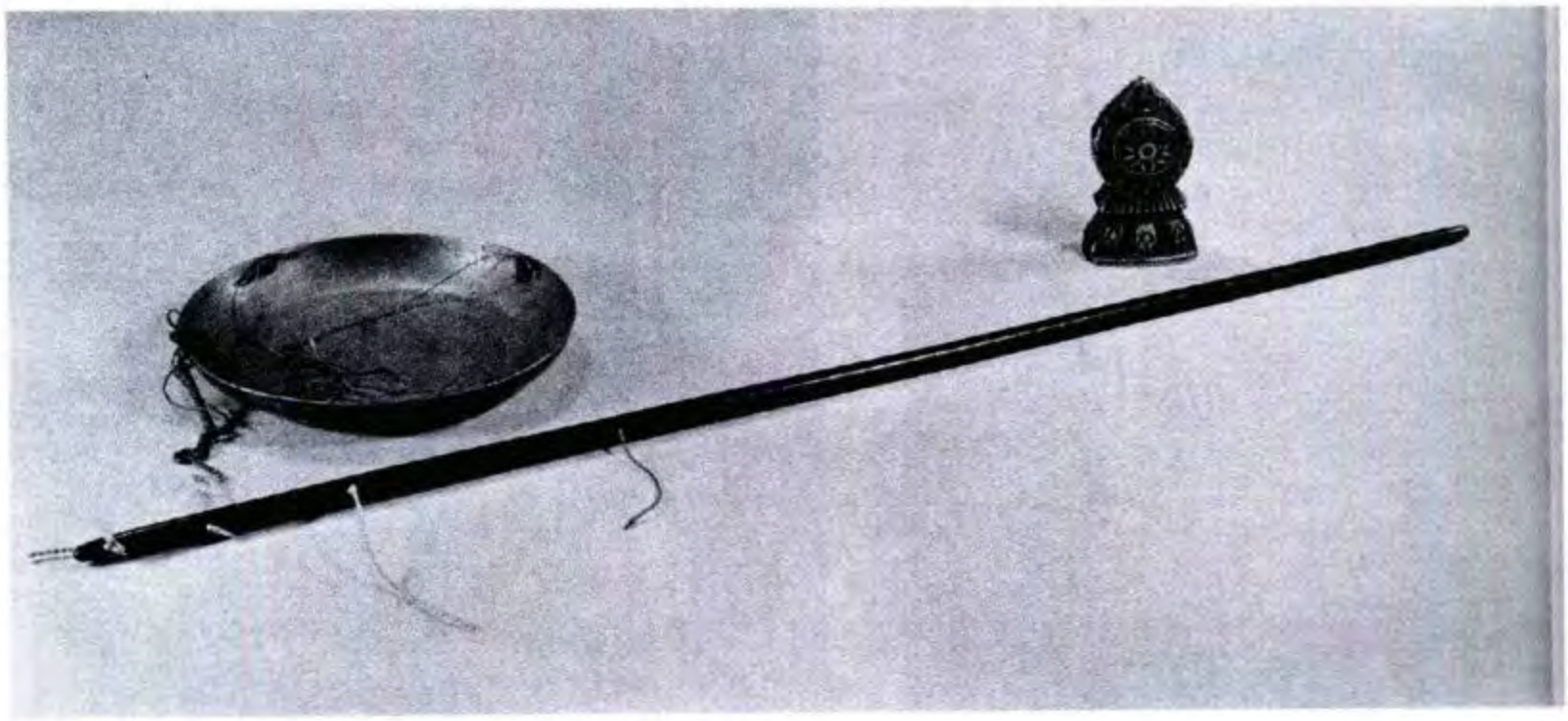


图 16-51　万历戥子

图 16-52　清宫天平

图 16-52　清宫天平

故宫博物院藏。天平由木箱座、铁立杆、铜衡、盘组成。铜砝码 16 枚，缺 3 枚。为近代形天平。

图 16-53　绘画艺术中的衡器

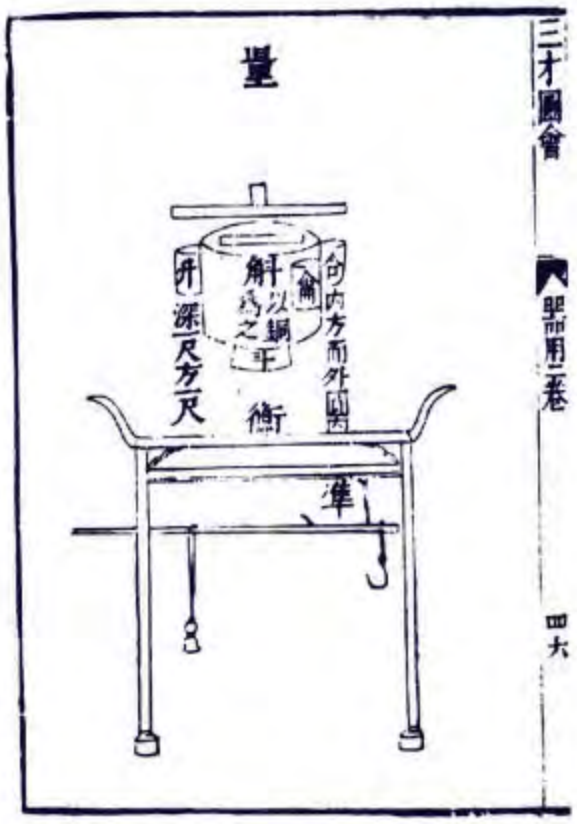
(a) 萧梁朝张僧繇绘执称图 (局部、摹本)

(b) 北魏敦煌 254 窟壁画中执天平图 (局部、摹本)

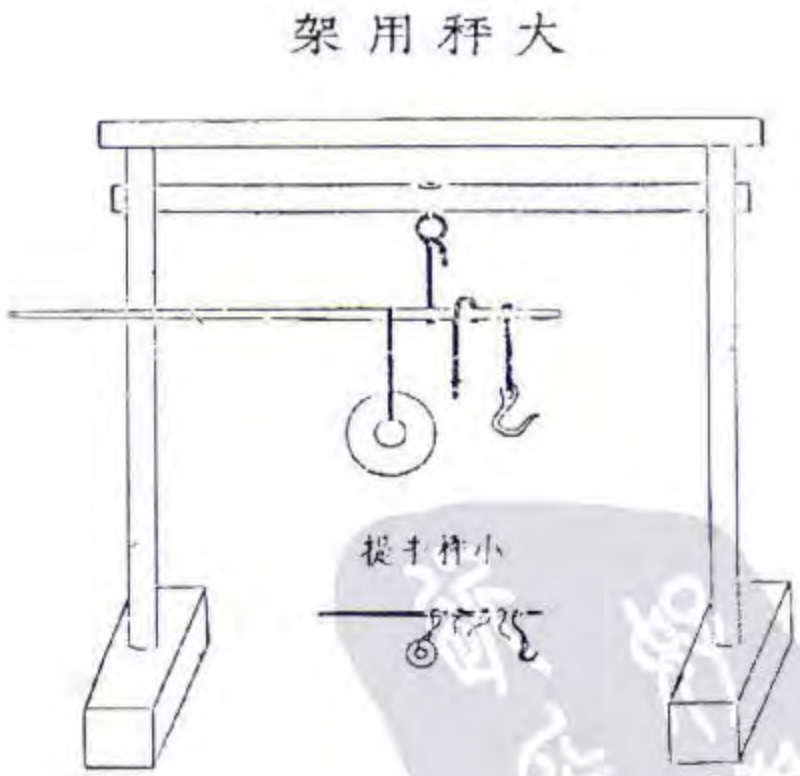
(c) 北魏敦煌壁画中天平

(d) 宋代唐慎微等编纂《证类本草》(1098~1108 年定稿) 中关于应用大木杆秤的绘画

(e) 山西洪洞县广胜寺水神庙元代壁画执称图 (局部)



(f) 明代《三才图会》绘杆秤图



(g) 明代朱载堉《律学新说》绘杆秤图

图 16-53　绘画艺术中的衡器

图 16-54　朱氏三种尺

明代朱载堉《律学新说》绘明代三种尺（裁衣尺、量地尺、营造尺）长度差异。与宝钞纸比较，裁衣尺与纸边齐，量地尺在“在纸边内黑边外”，营造尺“与黑边外齐”。今测裁衣尺约 34 厘米，量地尺约 32.6 厘米，营造尺 32 厘米。

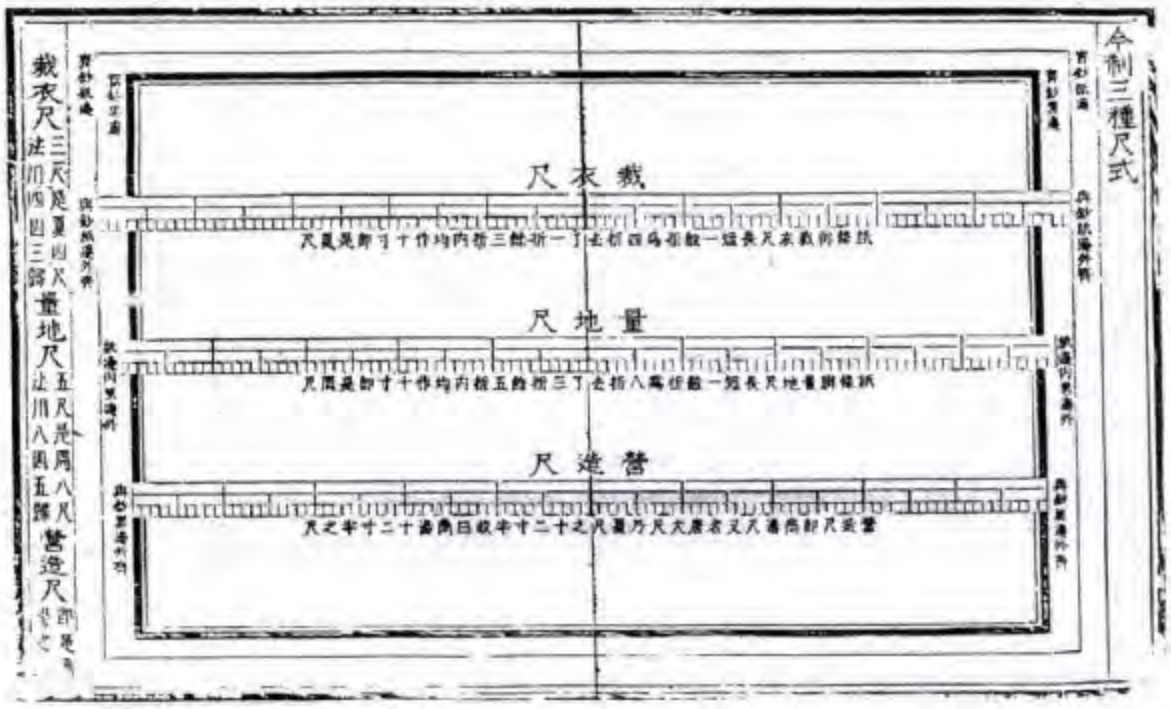
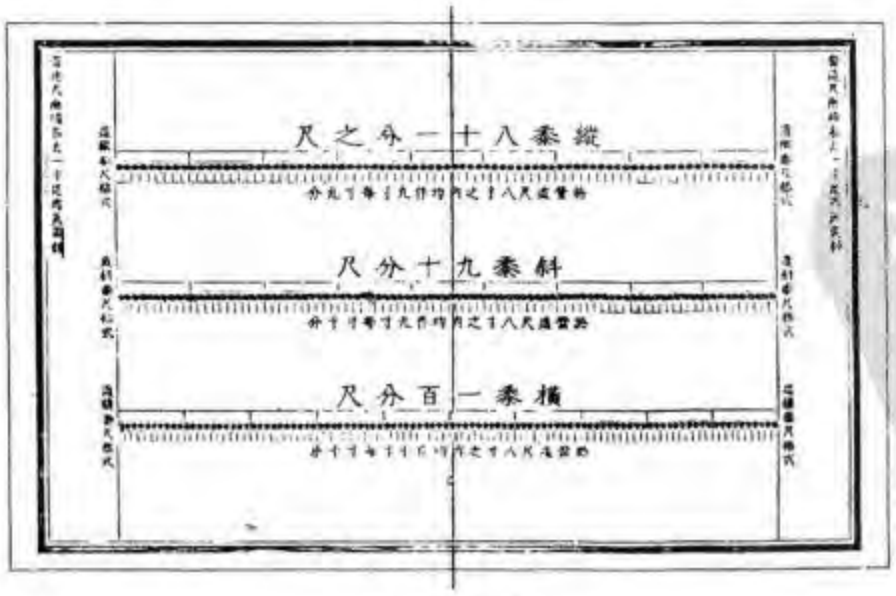


图 16-54　朱氏三种尺

图 16-55　朱载堉累黍度量

自汉以降，人们曾以累黍法定度量衡标准。朱载堉以纵排黍粒 81 粒、斜排黍粒 90 粒和横排黍粒 100 粒确定同一尺长的不同分数，以示乐律上用比数 81、90 和 100 之起源［图 16-55（a）］。他曾以此方法估算商代、周代尺长。又以律尺长度即“律龠”容黍确定容量与重［图 16-55（b）］。以下二图引自朱载堉《律吕精义内篇》。



(a) 朱载堉黍尺

(b) 朱载堉黍龠

图 16-55　朱载堉累黍度量

第十七章　陶瓷与漆器

中国是陶瓷的故乡。陶瓷是人类利用自己的智慧而创造的第一类人造材料制品。在专业术语上，称它为硅酸盐材料制品。它以遍布地表层的黏土为原料，经成型后烧制而成。因为它属于硅酸盐材料，耐热、耐腐蚀、较坚硬，即便长期埋在泥土之中，也不会变质，自然地成为了历史演进最常见的见证之物。

本章从丰富的古陶器中，选择那些最具代表性的作品，用它们来说明人们对陶瓷的认知及烧制陶瓷工艺的演进。

根据考古资料，在距今一万年前中国先民已初步掌握了制陶术。随着实践经验的积累，从仰韶文化（公元前 5000～前 3000）起，人们逐渐认识了陶土的选择、加工，掌握了有窑烧陶的技艺，分别烧制出红陶、灰陶、白陶、黑陶及彩陶。至迟在商代，人们使用了粗放的瓷土烧制出原始瓷器。历经千年的摸索，东汉时期制瓷技艺趋于成熟。

东汉后，制瓷技艺获得较快发展。唐代瓷业呈现南青北白的特色，宋代名窑林立，名瓷涌现。各个名窑的产品在造型、釉色、装饰上异彩纷呈。元代不仅创制了明净素雅的青花瓷器，还烧制出炙人眼目的釉里红瓷器。在色瓷的基础上，明代的彩瓷获得了飞快的发展。彩瓷的发展致使清代康乾时期制瓷技艺达到鼎盛。本章选集的图片力图展现了这个发展历程。

至于漆器部分，众所周知，出土的古代漆器甚少。因为在通常的环境中，它不易保存。有关古代漆器生产的专著也只有可数的几本。本章收集的漆器图片不多就不足为怪了。

天然漆，又名生漆，是漆树的树汁，在一定的温度和湿度下，漆汁有一个固化的过程。人们很早就发现可以用漆汁来涂饰木器、车辆、房屋，使其表面覆盖一层坚牢、光亮的薄膜，这就构成了人类最早的复合材料。英国著名的科学史学家李约瑟曾说："漆器可能是人类所知的最古老的工业塑料。"

图 17-1　中国最早的陶器

在湖南道县玉蟾岩遗址出土的陶片是一万年前的遗物［图 17-1（a）］，由于当时烧造的陶器不仅烧成温度较低，黏土没有严格加工，故完整的陶器很难留存下来，该陶罐由粘合复原而成。图 17-1（b）是 1978 年在河南新郑县裴李岗新石器时代遗址发掘出的陶器，高 13.9 厘米，口径 6 厘米，现藏中国国家博物馆。据 C14 测定，其为公元前 5495～前 5195 年的遗物。同时出土的陶器可分为泥制红陶和夹砂红陶两类，大多采用泥条盘筑法，烧成温度约为 900℃。河姆渡文化是目前长江下游已发现的年代较早的原始文化遗址。图 17-1（c）是由该遗址出土的陶盆，高 16.2 厘米，口径 31.6 厘米，是夹炭黑陶，手制，胎质疏松，器壁粗厚，造型不规整，烧成温度约在 800～900℃。现藏浙江省博物馆。

(a) 一万年前的陶罐

(b) 河南新郑裴李岗陶器

(c) 河姆渡陶盆

图 17-1　中国最早的陶器

图 17-2　原始的烧陶技术

1977 年中国硅酸盐学会组织一批专家学者前往云南省西双版纳州一些少数民族居住地区，考察了那里至今仍保留的一套比较原始的制陶工艺技术，有平地露天堆烧、一次性泥质薄壳窑、竖穴窑三种类型。从［图 17-2（a）～（c）］所展示的这三种类型正反映了原始的烧陶技术从露天无窑到有窑的发展进步历程［该图采自程朱海等的论文：“云南省西双版纳傣族和西盟佤族原始制陶工艺考察报告”，载中国科学院上海硅酸盐研究所编《中国古陶瓷研究》，北京，科学出版社，1987 年］。

(a) 平地露天堆烧

(b) 一次性泥质薄壳窑

(c) 竖穴窑

图 17-2　原始的烧陶技术

图 17-3　仰韶文化时期的彩陶

中原地区的仰韶文化时期（公元前 4500～前 2500 年）的制陶业已相当发达，窑址大多分布在村落附近，生产泥质和夹砂红陶为主。这时期生产的细泥彩陶代表了当时制陶工艺的最高水平。仰韶彩陶除了选择可塑性较好的黏土，经剔除杂质和陈化处理外，一般在陶坯外还挂上一层陶衣，再用天然颜料进行彩绘，最后再在陶窑中经过 950℃高温烧成。其他一些相近的文化遗址也出土了大量的彩陶，彩陶的艺术已成为传统文化一颗灿烂的明星。图 17-3（a)是 1956 年出土于河南陕县庙底沟遗址的仰韶彩陶。高 22.6 厘米，口径 38.2 厘米，现存中国国家博物馆。图 17-3（b）是 1958 年出土于陕西宝鸡北首岭遗址，现存中国国家博物馆的彩陶船形壶。高 15.6 厘米、长 24.8 厘米。图 17-3（c）是 1954 年出土于陕西西安半坡遗址的彩陶钵，高 17 厘米，口径 31.5 厘米，现藏中国国家博物馆。图 17-3（d）是 1974 年出土于甘肃永登的彩陶双耳瓮，口径 19.7 厘米，现存甘肃省文物工作队。

(a) 仰韶彩陶

(b) 彩陶船形壶

(c) 彩陶钵

(d) 彩陶双耳瓮

图 17-3　仰韶文化时期的彩陶

图 17-4　红陶、灰陶、黑陶、白陶

制陶所采用的原料大多是含钙量较低的铁质易熔黏土，其中铁的氧化物为主要呈色成分。当在无窑烧陶或竖穴窑或横穴窑的氧化焰中烧成后，陶器主要呈黄红色，产品即是红

陶。稍后，人们为了提高烧成温度，在烧成后期封闭窑顶出气孔，造成窑内呈还原气氛，陶胎中铁元素以黑色的氧化亚铁（FeO）呈显，烧成的陶器呈灰色，这就是灰陶。假若在封闭窑顶时，让火膛中的柴草过量而产生游离的烟（碳黑）渗透入陶胎，烧成的陶器就变成了黑陶。假若人们选择了含铁量极低的粘土为原料，烧成的陶器很可能呈白色，这就是白陶。红陶、灰陶、黑陶在原料上没差异，主要取决于烧窑的技术。唯独白陶的烧成主要靠原料的独特。这些不同品种的陶器烧成恰好反映了当时制陶技术的进步。图 17-4（a）是甘肃省博物馆藏的出土于秦安县大地湾遗址的红陶碗，高 7 厘米、口径 17.8 厘米。图 17-4（b）是 1961 年山东莒县陵阳河出土的，反映新石器时代大汶口文化的灰陶尊，高 57.5 厘米，口径 29.5 厘米，现收藏在莒县博物馆。图 17-4（c）是 1973 年山东日照市东海峪出土的，代表新石器时代龙山文化的蛋壳黑陶高柄杯。高 26.5 厘米，口径 9.4 厘米，足径 4.7 厘米，现由山东省文物考古研究所收藏。图 17-4（d）是 1960 年山东潍坊市出土的白陶鬶，高 29.7 厘米，现藏山东省博物馆。

(a) 红陶碗

(b) 灰陶尊

(c) 蛋壳黑陶高柄杯

(d) 白陶鬶

图 17-4　红陶、灰陶、黑陶、白陶

图 17-5　早期的制陶技术

黏土经选择、淘洗、陈化等工序加工后，可塑性较强，即可制坯。最初人们主要采用手捏或模具成型，稍后发明了泥条圈（盘）筑法。为了操作上方便和使陶坯更规整，人们又发明了慢轮。至迟在仰韶文化中期人们已掌握了慢轮修整的技巧。慢轮是后来陶瓷生产中辘轳车的鼻祖。

竖穴窑和横穴窑是新石器时期最常见的烧陶方法，人们正是通过对这种窑的改进发展才创造了后来的龙窑和馒头窑，提高了烧成温度，控制了窑内气氛。下面展示的绘画，采自西安半坡博物馆的陈列和根据遗址中发掘出来的陶窑的复原图。

(a) 泥条盘筑法

(b) 慢轮制陶

(c) 半坡仰韶文化陶窑复原图

图 17-5　早期的制陶技术

图 17-6　印纹硬陶和原始瓷器

1949 年以来，考古工作者在河南安阳、郑州商代遗址中，出土了一批“青釉器”。这些青釉器不同于一般陶器，它胎质细腻坚硬，基本烧结、吸水率低，外表敷一层淡黄色或灰绿色或浅褐色釉层，据测烧成温度达到 1100～1200℃。在随后周代遗存中发现的青釉器更多更广。根据胎质成分、烧成温度、外层敷釉等科学检测数据来看，它从本质上区别于陶而接近于瓷，是由陶发展到瓷的过渡产品，人们命名它为原始瓷器。通过进一步的研究，在一些商代遗址中，原始瓷器往往与印纹硬陶同时出土，并在同一窑址内出现，从而确认印纹硬陶→原始瓷器→青瓷这一发展路线。图 17-6（a）是 1973 年江苏吴江县出土的春秋时期的印纹硬陶罐，高 21.7 厘米，口径 8.1 厘米。现存南京博物馆。图 17-6（b）是商代原始瓷尊，高 18.0 厘米，口径 19.65 厘米，现存上海博物馆。图 17-6（c）是 1993 年河南洛阳出土的西周原始青瓷，口径 25.0 厘米，腹径 44.0 厘米，底径 10.5 厘米，高 40.4 厘米。现存洛阳文物工作队。

(a) 印纹硬陶罐

(b) 商代原始瓷尊

(c) 西周原始青瓷

图 17-6 印纹硬陶和原始瓷器

图 17-7 陶水管、水井和秦砖汉瓦

制陶工艺从生活领域发展到建筑领域，进一步展示了它的广泛用途。早在河南偃师二里头商代早期大型宫殿遗址中就发现了相互套接的陶水管。后来在安阳殷墟中有更多的出土，陶水管中还有类似三通、四通管式的水管。图 17-7（a）就是在发掘出来的战国时的陶水管：四通管。现藏河南省博物馆。图 17-7（b）是 1983 年四川成都西汉墓葬中出土的灰陶井模型，通高 36.7 厘米，现藏成都市博物馆。

在西周，建筑用陶有了较大发展。这时的宫殿建筑已采用板瓦、筒瓦及瓦当等陶制构件。它们的使用为中国传统的瓦顶木构房屋建筑的发展奠定了基础。图 17-7（c）是 1958 年汉长安都城遗址出土的白虎瓦当，面径 18.5 厘米，现藏陕西省博物馆。

砖的采用始于战国。当时的砖有两类，一是长方形或方形的小薄砖；另一类是大型的空心砖。后者主要用于大型建筑的台阶和铺路。可见砖瓦的使用早于秦汉。图 17-7（d）是

1956 年出土的狩猎纹砖，长 46 厘米，宽 18 厘米，厚 10 厘米，现藏陕西省博物馆。秦汉时期砖瓦的广泛使用确是历史的事实。故后人有秦砖汉瓦之说。

(a) 战国四通陶水管

(b) 西汉灰陶井

(c) 白虎瓦当

(d) 狩猎纹砖

图 17-7　陶水管、水井和秦砖汉瓦

图 17-8　青瓷和黑釉瓷

对浙江上虞东汉窑址中出土的青釉器的分析，可以判定它的烧成温度已达到了 1300℃左右，胎釉的显微结构、物理化学性质以及外观质量都已达到了近代瓷器的通认标准。可以说，东汉时期部分地区的陶瓷技术已完成了从原始瓷器向成熟青瓷的转变。

到目前为止，发掘出的东汉青瓷数量不多，到了三国时期，青瓷已开始大量烧制。图 17-8（a）是上海博物馆收藏的东汉青瓷罐，高 19.4 厘米，口径 9.2 厘米，底径 15.2 厘米。胎质坚硬细腻，釉色纯净，釉层均匀，胎釉结合牢固，放映了当时制瓷技术的新水平。图 17-8（b）青瓷堆塑坛，高 46.4 厘米，腹径 29.1 厘米，底径 16 厘米。是三国时代永安三年（260）的青瓷珍品，现藏故宫博物院。

要使釉色呈青绿色，釉药的配制要合理，特别是氧化铁的含量要适当，而且要严格控制窑温和通风状况。假若着意加大釉药中铁、锰的含量（即加入紫金土），烧出来的瓷则是釉光闪闪，别具一格的黑釉瓷。当时德清窑就是以烧造黑瓷为主。图 17-8（c）是江苏镇江出土永元十三年（101）的东汉黑釉盘口壶。现藏上海博物馆。图 17-8（d）是 1958 年江苏南

京清凉山三国吴墓出土的甘露元年（256）的青瓷羊，高 23.5 厘米，长 31.7 厘米，宽 15.2 厘米。现藏中国国家博物馆。

(a) 东汉青瓷罐

(b) 三国青瓷堆塑坛

(c) 东汉黑釉盘口壶

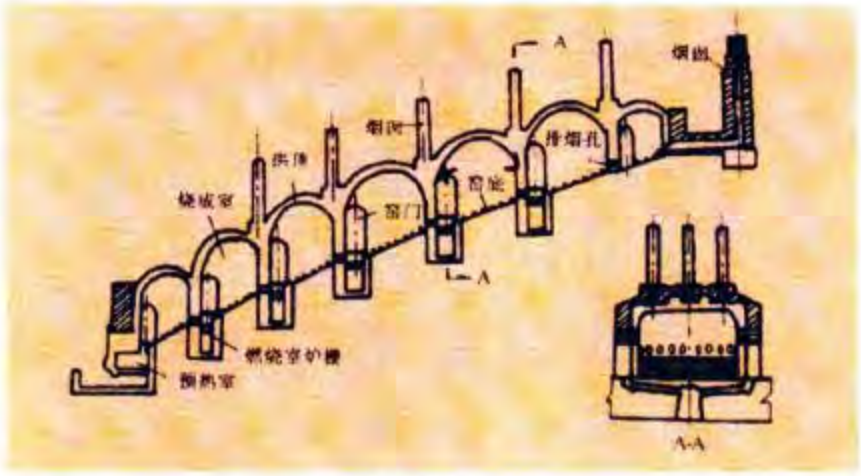
(d) 三国青瓷羊

图 17-8　青瓷和黑釉瓷

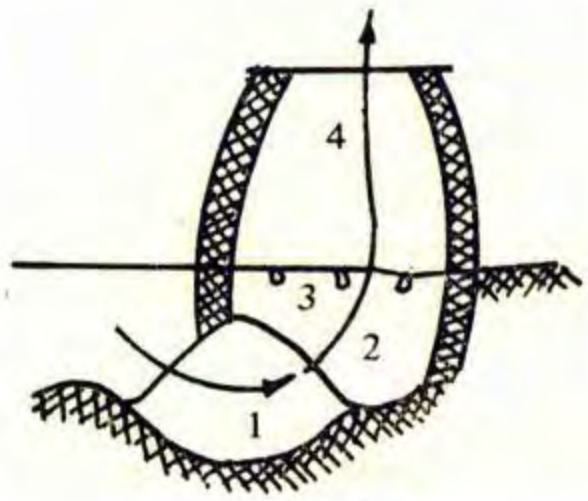
图 17-9　圆窑、馒头窑、龙窑

在陶瓷工艺中，烧成工序是利用热工技术使黏土发生质变的唯一的化学过程，因而在生产系统中是最关键的。这一工序是在陶窑中进行的，与陶窑的结构密切相关。每当发掘古代窑址时，必定会发现陶窑，只是这些陶窑因长期使用而遭破坏，即使留存下来，也很难看清它的结构，为此能展示的只能是它们的结构示意图。

龙窑产生于战国时期，到了东汉时期，南方地区采用龙窑烧造陶瓷已较普遍。龙窑装坯量大，升温快，热效率高，适合烧青瓷。圆窑、馒头窑综合了竖穴窑、横穴窑的优点，在北方地区流行。从以上三种窑的示意图不难分析其热工原理。



(a) 龙窑示意图



(b) 圆窑示意图

(c) 馒头窑示意图

图 17-9　圆窑、馒头窑、龙窑

图 17-10　从秦兵马俑到唐三彩陶器

在陕西临潼秦始皇陵东侧发现的规模巨大的秦俑坑，出土了数以千计的巨型陶俑，它们排列成整齐的军阵，非常壮观，令世人惊叹。这些武士俑身高均在 1.75～1.86 米之间，威武雄壮，栩栩如生。这些陶俑原先都有精美的彩绘，应是彩陶的佳作。图 17-10（a）是 1972 年在西安临潼秦始皇陵一号兵马俑坑出土的武士俑，身高 183 厘米。现藏西安秦始皇兵马俑博物馆。

到了汉代，铅釉陶逐渐多起来。铅釉技术是借鉴于古代铅玻璃技术而发展起来的。由于它以铅的氧化物作助溶剂而配制，将其涂布在陶器素坯上，经 800～850℃烧烤即成。工艺被推广并用于部分明器之上。故出土的汉代铅釉陶许多是明器。图 17-10（b）是东汉绿铅釉陶狗。

到了唐代，铅釉的色彩增加了很多，但以白、绿、黄三色为基色，故称唐三彩。唐代盛行厚葬之风，促使唐三彩有了迅速发展。艳丽多彩的唐三彩不仅为后人留下了珍贵的文化遗产，同时为低温色釉和釉上彩瓷的发展奠定了技术基础。图 17-10（c）是 1959 年陕西西安出土的唐三彩骆驼载乐俑。通高 58 厘米，长 43 厘米。现藏陕西省博物馆。

(a) 秦武士俑

(b) 东汉绿铅釉陶狗

(c) 唐三彩骆驼载乐俑

图 17-10　从秦兵马俑到唐三彩陶器

图 17-11　唐宋时期的青瓷

后人用“南青北白”来概括唐代瓷业的特点。当时南方的许多瓷窑以烧青瓷为主，北方

的窑场主要烧白瓷。这种界定也不是绝对的，南方的窑场还烧黑瓷、花瓷。北方的一些瓷窑兼烧青瓷，黑瓷，体现了一种进取精神。到了宋代这一格局就被打破了。

越窑青瓷代表唐代青瓷的一流水平，图 17-11（a）是现藏故宫博物院的唐代越窑八棱瓶，可见一斑。宋代龙泉窑的青瓷，特别是粉青和梅子青釉瓷器被誉为青瓷之佼佼者。宋代耀州窑的青瓷也有其特色，被称为北方的青瓷佳品。图 17-11（b）是 1968 年陕西邠县出土的青釉雕花倒注壶，高 18.3 厘米，腹径 14.3 厘米，是宋代耀州窑的一个代表作。现收藏在陕西省博物馆。

(a) 唐越窑八棱瓶

(b) 宋耀州窑青釉雕花倒注壶

(c) 宋龙泉窑粉青盘口凤耳瓶

图 17-11　唐宋时期的青瓷

龙泉窑在南宋后期，以石灰碱釉替代了传统的石灰釉。由于石灰碱釉黏度大，不易流釉，上釉次数可增加，釉层厚些，使烧成的釉层外观柔和淡雅，获得别具一格的艺术效果。图 17-11（c）粉青盘口凤耳瓶，高 25.5 厘米、深 24.1 厘米、口径 9.4 厘米，是当时龙泉窑的佳作之一。现藏台北故宫博物院。

图 17-12　唐宋时期的白瓷

在河南安阳北齐六年（575）的范粹墓中发现的白瓷表明当时的窑工在选择了含铁量极低的原料，克服铁离子的呈色干扰后，掌握了白瓷的烧制。到了唐代，白瓷烧制技术已很成熟。邢窑的白瓷达到了精细白瓷的标准，风靡一时。邢窑白瓷工艺为此后北方白瓷的更大发展奠定了技术基础。图 17-12（a）是现收藏在故宫博物院的唐代邢窑瓶，高 14.4 厘米、口径 6 厘米，底径 4.5 厘米。

定窑是宋代著名的瓷窑之一，它以生产精细白瓷为主，特别是牙白瓷器。它通过刻花、划花、印花的装饰手法，使其白瓷具有独特的风格。图 17-12（b）是宋代定窑的牙白瓷，高 16 厘米，口径 4.3 厘米，底径 5.5 厘米，现藏天津艺术博物馆。

磁州窑也是宋代名窑之一，它以白釉、白色化妆土、黑釉、黑色绘料等，再通过画花、剔花、划花等工艺，创造出铁锈彩绘瓷器，为探索在白瓷上装饰技术开创了崭新的境界。图 17-12（c）是 1972 年河北献县出土的金代磁州窑铁锈花纹瓶，高 54 厘米，口径 4.5 厘米，腹径 22 厘米，底径 11.7 厘米。现藏河北省博物馆。

(a) 唐代邢窑瓶　(b) 宋代定窑牙白瓷瓶　(c) 金代磁州窑铁锈花纹瓶

图 17-12　唐宋时期的白瓷

图 17-13　宋代的钧窑瓷和建窑瓷

钧窑是宋代名窑之一，北宋是它生产的鼎盛时期。传统钧瓷的独特之处在于它的釉是一种分相釉（乳浊釉）。由于釉中含有少量的铜，而铜又会处于不同的氧化态，因而烧出了天

青、天蓝、蓝灰、葱绿、黑绿、红紫等丰富多彩的釉色。特别是以氧化铜为着色剂，在还原气氛中烧成的铜红釉，开辟了瓷釉的新境界。它的窑变彩釉更是一绝。图 17-13（a）、图 17-13（b）都是现藏台北故宫博物院的宋钧窑的佳品。其一是丁香紫尊，高 24.7 厘米，深 16.8 厘米，口径 19.2 厘米，底径 14.4 厘米。其二是粉青红斑碗，高 8.9 厘米，深 7.6 厘米，口径 15.0 厘米，足径 4.6 厘米。

宋代瓷窑中有三分之一是烧造黑瓷，以黑釉碗盏斗茶之风甚盛。人们还以兔毫斑、油滴斑来装饰黑釉碗，这就是宋代产于福建建阳窑的产品。这两种瓷品其实就是今天的析晶釉瓷具。不同品种的黑釉，都含有较高量的铁的氧化物，此外还含有少量的 MnO、CuO、Cr_2O_3 等着色剂。宋代的黑釉基本上已采用石灰碱釉。图 17-13（c）、17-13（d）分别是宋代建窑烧制的兔毫黑釉碗和油滴黑釉碗。其一是 1981 年江西婺源张氏墓出土的兔毫黑釉茶碗，高 5.0 厘米，口径 12.5 厘米，足径 4 厘米。现藏江西省博物馆。其二是现藏日本东京静嘉堂的南宋建窑油滴黑釉碗。高约 7.2 厘米，口径 12.2 厘米，底径 3.9 厘米。

(a) 宋钧窑丁香紫尊

(b) 宋钧窑粉青红斑碗

(c) 宋建窑兔毫黑釉碗

(d) 宋建窑油滴黑釉碗

图 17-13　宋代的钧窑瓷和建窑瓷

图 17-14 景德镇的影青瓷和宋代官窑

宋代景德镇窑瓷业最主要的产品是青白瓷。它的釉色介于青白之间，青中显白，白中泛青，独具一格。人们习称它为影青瓷，又有假玉器之誉。在工艺上它有许多特点，一是原料独特，仅用瓷石，或掺用少量高岭土，二是釉采用典型均相态的石灰釉，三是采用独特的蛋壳窑烧成，能很好地控制还原气氛。图 17-14（a）为现藏上海博物馆的宋代景德镇窑的青白釉刻花碗，高 6.8 厘米，口径 20.4 厘米，足径 5.55 厘米。

汝窑瓷曾被誉为北宋名瓷之首，它实际上是北宋的官瓷之一。由于烧制时间短，传世品较少。它胎质细密，大多数为粉青色，还有较浅的开片。图 17-14（b）为现藏于上海博物馆的北宋汝窑瓷盘，高 3.2 厘米，口径 12.6 厘米，底径 9 厘米。金人入侵，宋朝南渡，建立了南宋。它在杭州近郊建设了官窑，以瓷品供宫廷使用。南宋官窑瓷大多为薄胎厚釉，开片与紫口铁足为其特征。图 17-14（c）为现藏上海博物馆的 1952 年上海青浦出土的南宋官窑产品官窑兽耳炉。高 8.4 厘米，口径 11.2 厘米，底径 8.2 厘米。

(a) 宋景德镇窑青白釉刻花碗

(b) 北宋汝窑瓷盘

(c) 南宋官窑兽耳炉

图 17-14 景德镇的影青瓷和宋代官窑

图 17-15　多种窑具

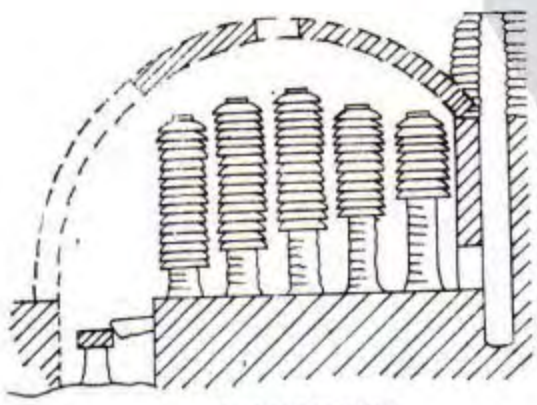
没有适当的窑具，欲想在窑炉中烧出高质量的陶瓷是不可想象的。从早期窑炉中的窑柱、垫饼、三足支钉，到后来逐渐发展起来的窑托、匣钵等都在烧窑中发挥了意想不到的作用。例如首先出现在唐代邢窑中的匣钵，到了宋代被广泛推广，在定窑中与覆烧方法相结合，不仅保证白瓷不被尘灰污染而有类银似雪的洁白，而且由于盘、碗、碟之类器皿是反扣地装入支圈式匣钵里，达到密排套装的效果，提高了窑室空间的利用率，既节约了燃料，又

(a) 窑柱

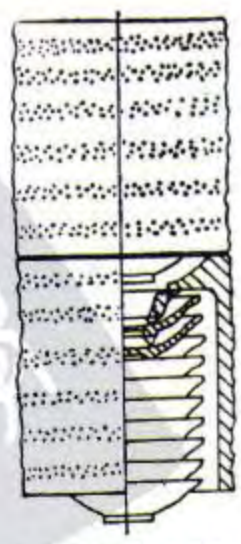
(b) 三足支钉

(c) 窑托

(d) 北宋带碗匣钵



(e) 窑柱叠烧示意图



(f) 匣钵叠烧示意图

图 17-15　多种窑具

可防止器皿变形。

图 17-15（a）是出土于浙江鸡步山东汉烧瓷遗址的窑柱，它是用于待烧器皿的垫具。现藏浙江省博物馆。图 17-15（b）是出土于浙江鄞县烧瓷遗址的三足支钉，也是一种放置器皿的支钉。现藏浙江省博物馆。图 17-15（c）是出土于福建德化的宋代窑托，它与支钉有着相似的作用。现藏福建省博物馆。图 17-15（d）是现藏于陕西省博物馆的北宋带碗匣钵。图 17-15（e）、图 17-15（f）是窑柱、匣钵叠烧示意图。

图 17-16　元代的青花瓷和釉里红

青花瓷器是指用含钴的颜料在瓷胎上绘画，然后上一层透明釉，在高温下一次烧成，呈现蓝色图案的釉下彩瓷器。这种白地蓝花的瓷器有一种特别的明净素雅之感。美观实用使它获得迅速发展，元代起逐渐成为景德镇瓷业生产的主流产品，远销国内外。早在唐代，湖南的长沙窑、四川邛崃窑已烧制釉下彩瓷器，江苏扬州唐城遗址出土的现藏扬州市博物馆的青花瓷碎片［图 17-16（a)］，证明这点。到了北宋这种技艺为磁州窑所继承，青花瓷一直有烧制。发展到元代，青花瓷的烧制技术趋于成熟。现藏南京博物院的元代青花瓶［图 17-16（b)］就是一例。该花瓶高 44.1 厘米，口径 5.5 厘米，底径 13 厘米。明代更是迈入生产的黄金时期。青花人物扁壶［图 17-16（c)］高 29.8 厘米，深 28.6 厘米，口径 3.7 厘米，腹围 60.3 厘米，是明代永乐年间青花瓷的佳作，现藏台北故宫博物院。

釉里红瓷器是指以含铜色料在瓷胎上彩绘罩以透明釉，经高温还原气氛下烧成后，釉下呈宝石红纹饰的瓷器。这种工艺创始于元代景德镇，并称其为釉里红。到了明代釉里红工艺有所提高，为釉下多彩工艺开创了道路。图 17-16（d）为元代烧制的釉里红牡丹花大盘，高 10.5 厘米，深 8.6 厘米，口径 55 厘米，足径 34 厘米，现藏台北故宫博物院。

图 17-17　从斗彩到五彩瓷器

在元代青花和釉里红瓷器烧制工艺的启发下，明代宣德年间，瓷工在青花瓷器上，用铁红铅釉绘图，创制了青花红彩瓷器。图 17-17（a）是现藏上海博物馆的宣德年间的斗彩杯，其高 9.0 厘米，口径 9.95 厘米，底径 4.5 厘米。斗彩实际上是釉下青花和釉上彩绘相结合的产品。从釉上单一红彩发展为釉上多彩，同时斗彩也以釉下青花为主演进为釉上五彩为主，从而发展出五彩瓷器。图 17-17（b）是现藏上海博物馆的明正德年间的斗彩碗，其高 9.6 厘米，口径 16.4 厘米，足径 5.5 厘米。图 17-17（c）是现藏上海博物馆的明万历年间的青花五彩莲龙盖盒，其高 11.4 厘米，口径 21.3 厘米，足径 16.7 厘米。

到了清代的康熙年间，五彩除了红、绿、赭、紫、黄等色外，又发明了釉上蓝彩和墨彩，加上金彩的运用，五彩瓷器更为娇艳动人。图 17-17（d）是清代康熙年间的五彩花鸟尊，高 44 厘米、足径 14.2 厘米、口径 22.4 厘米，现藏故宫博物院。

釉上五彩瓷器首先需要高质量的素白瓷，其次要求好的彩绘，由于引入 K_2O，发展出 $Pb\text{-}K_2O\text{-}SiO_2$ 三元釉上彩工艺，从而确保了五彩的质量。最后完成还需烧窑技术的保障，此时景德镇的窑炉也有相应的进步。

(a) 扬州唐城遗址出土的青花碎片

(b) 元代青花瓶

(c) 明代青花人物扁壶

(d) 元代釉里红牡丹花大盘

图 17-16　元代的青花瓷和釉里红

(a) 明宣德年间斗彩杯

(b) 明正德年间斗彩碗

(c) 明万历年间青花五彩莲龙盖盒

(d) 清康熙年间五彩花鸟尊

图 17-17　从斗彩到五彩瓷器

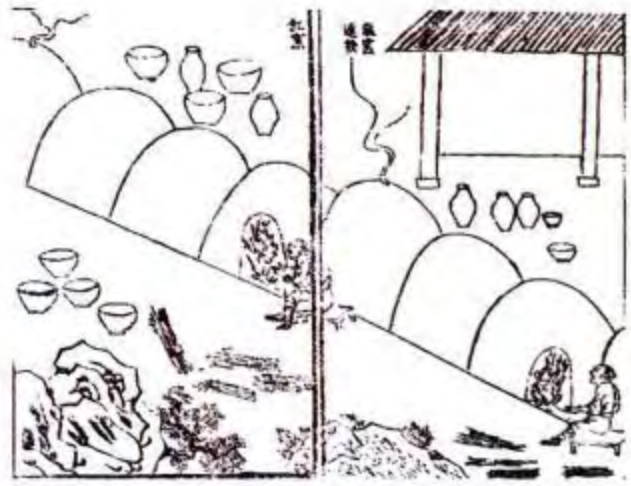
图 17-18　明代的陶窑

明代宋应星（1587～约 1666）在其所著的《天工开物》中描绘了两种窑，一是蛋形窑，如图 17-18（a）、图 17-18（b）所示："其窑上空十二圆眼，名曰天窗，火以十二时辰为足，先发门火十个时，火力从下攻上，然后天窗掷柴烧两时，火力从上透下。器在火中，其软如棉絮，以铁叉取一，以验火候之足。辨认真足，然后绝薪止火。"这种窑后经改进，景德镇至今仍留有此窑［图 17-18（c）］，以示后人。

《天工开物》描绘的第二种窑，叫瓶窑接缸窑，实际上是经改良后的龙窑，如图 17-18（d）所示："凡缸瓶窑不于平地，必于斜阜山冈之上，延长者或二、三十丈，短者亦十余丈，连接为数十窑，皆一窑高一级。……发火先从头一低窑起，两人对面交看火色。大抵陶器一百三十斤，费薪百斤。火候足时，掩闭其门，然后次发第二火，以次结竟至尾云。"

(a) 《天工开物》中的蛋形窑

(b) 景德镇蛋形窑的后期模型



(d) 《天工开物》中的接缸窑

(c) 景德镇至今仍保留的唯一柴窑

图 17-18　明代的陶窑

图 17-19　《天工开物》所描绘的陶瓷工艺

《天工开物》中“陶埏”卷不仅介绍了砖、瓦的烧造，也比较详尽地介绍了陶瓷器的生产工艺。插图除了上面已列的蛋形窑和接缸窑外，还有四幅，它们分别是造瓶、造缸、瓷器汶水、过利，如图 17-19（a）、（b）、（c）、（d）所示（《天工开物》初刻本）。造瓶描绘的是二人在陶车上扶泥旋转，捏造壶坯。一人用锈水涂粘耳咀。造缸描绘的是一人在造敞口缸，以木椎内外打紧，土性自合。另一人坐在凳子上，将尚为两截的坛瓮连接起来。两图都是属

成型工序。瓷器汶水即是器胎上釉，那缸里的水即是调好的釉浆。过利这图上有两人，一人在陶车上造杯盘的陶坯，另一人在陶车上，为陶坯打圈，圈后再画或书字，画后喷水数口，然后过锈（上釉）。

(a) 造瓶

(b) 造缸

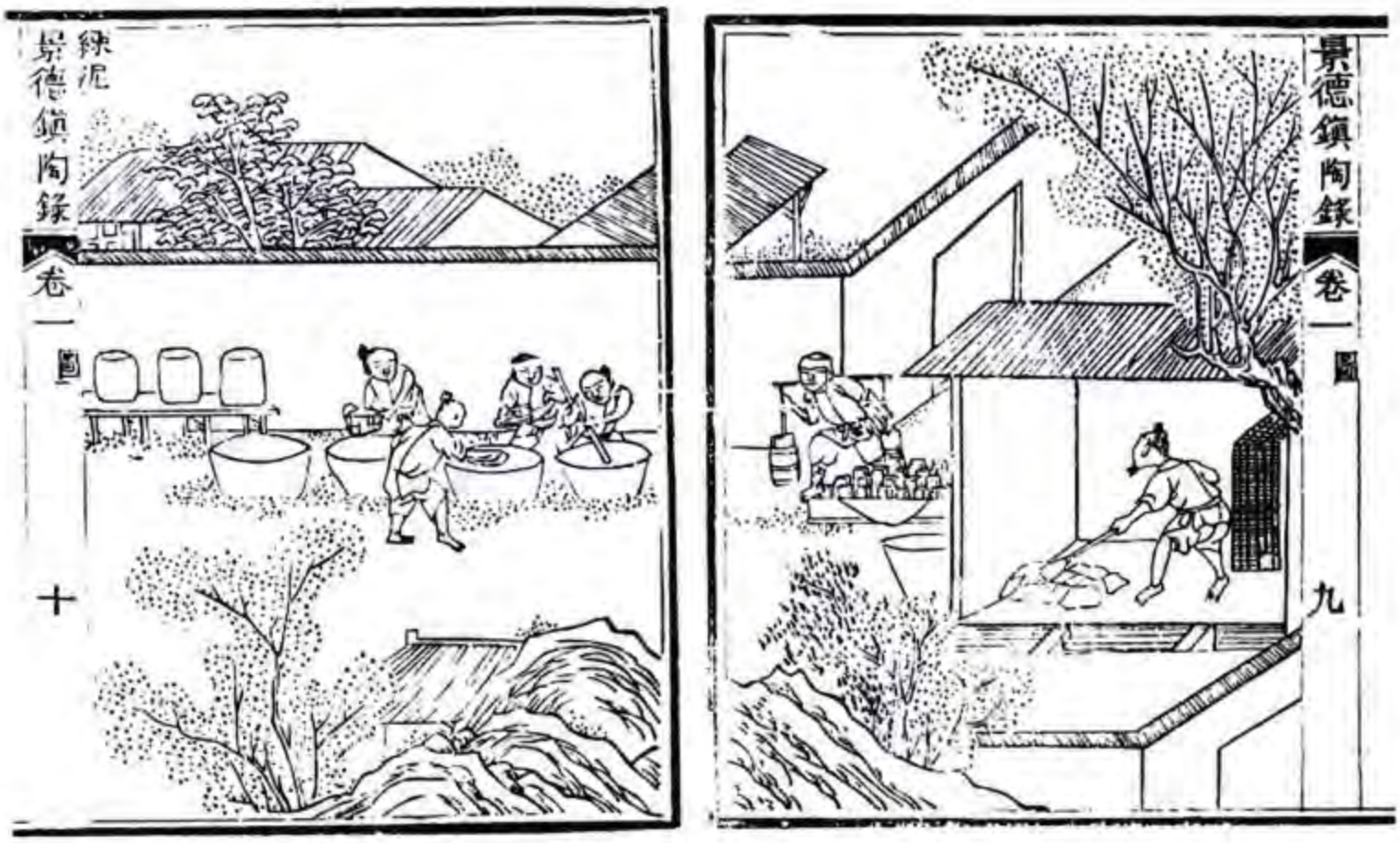
(c) 瓷器汶水

(d) 过利

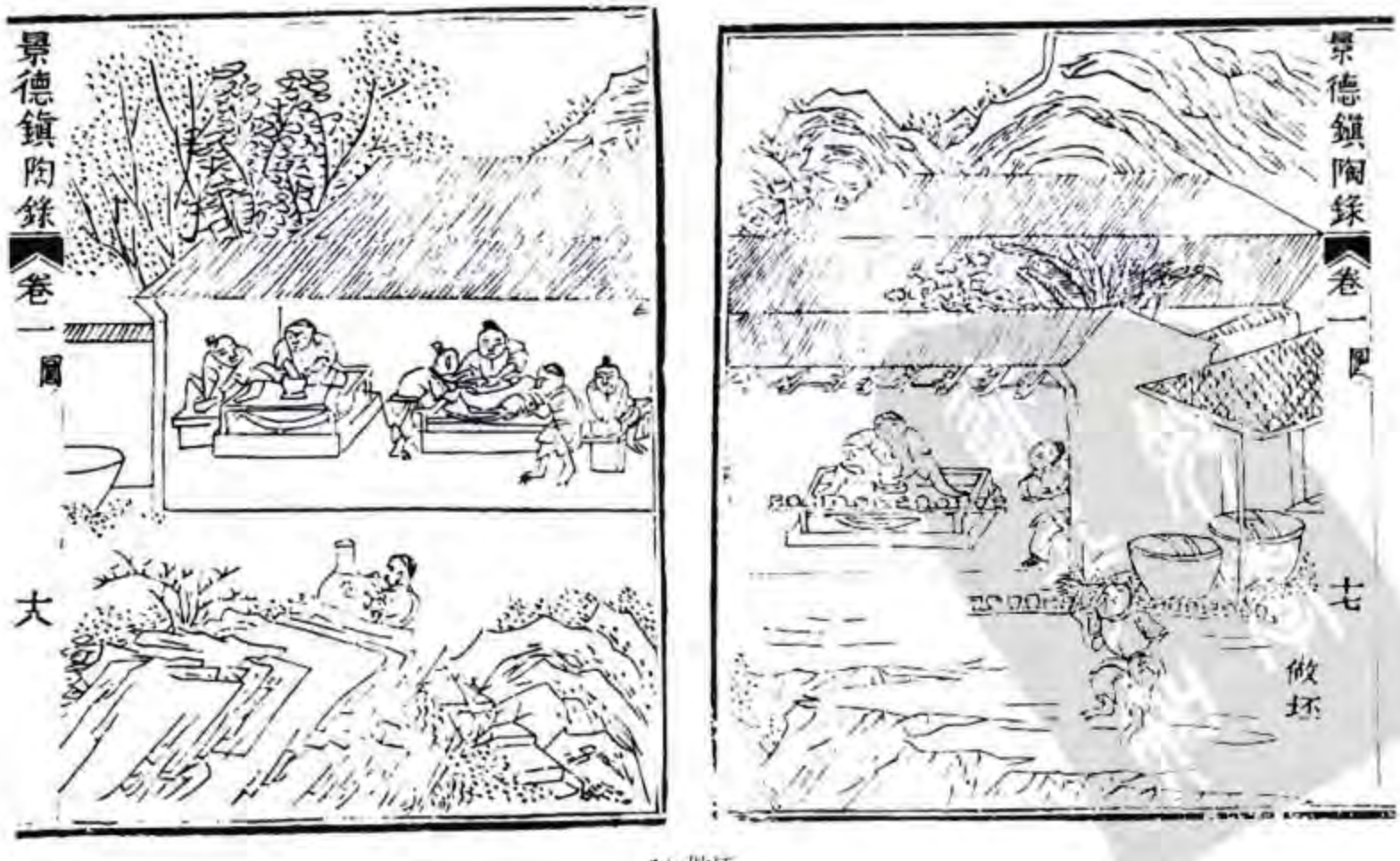
图 17-19 《天工开物》所描绘的陶瓷工艺

图 17-20　《景德镇陶录》中的“陶成图”

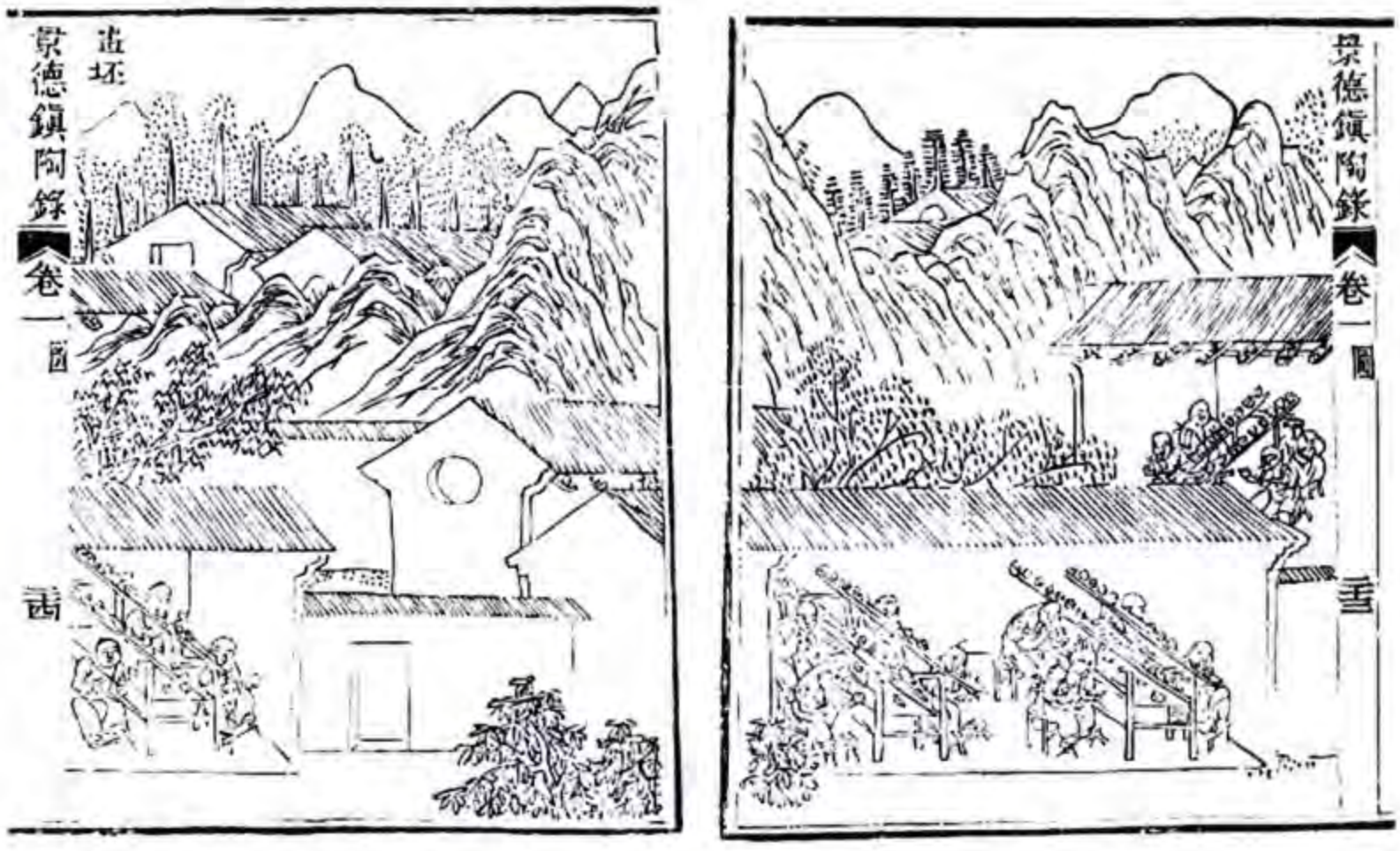
清代学者蓝浦、郑廷桂师生合著的《景德镇陶录》是记录当时景德镇陶瓷生产工艺的专



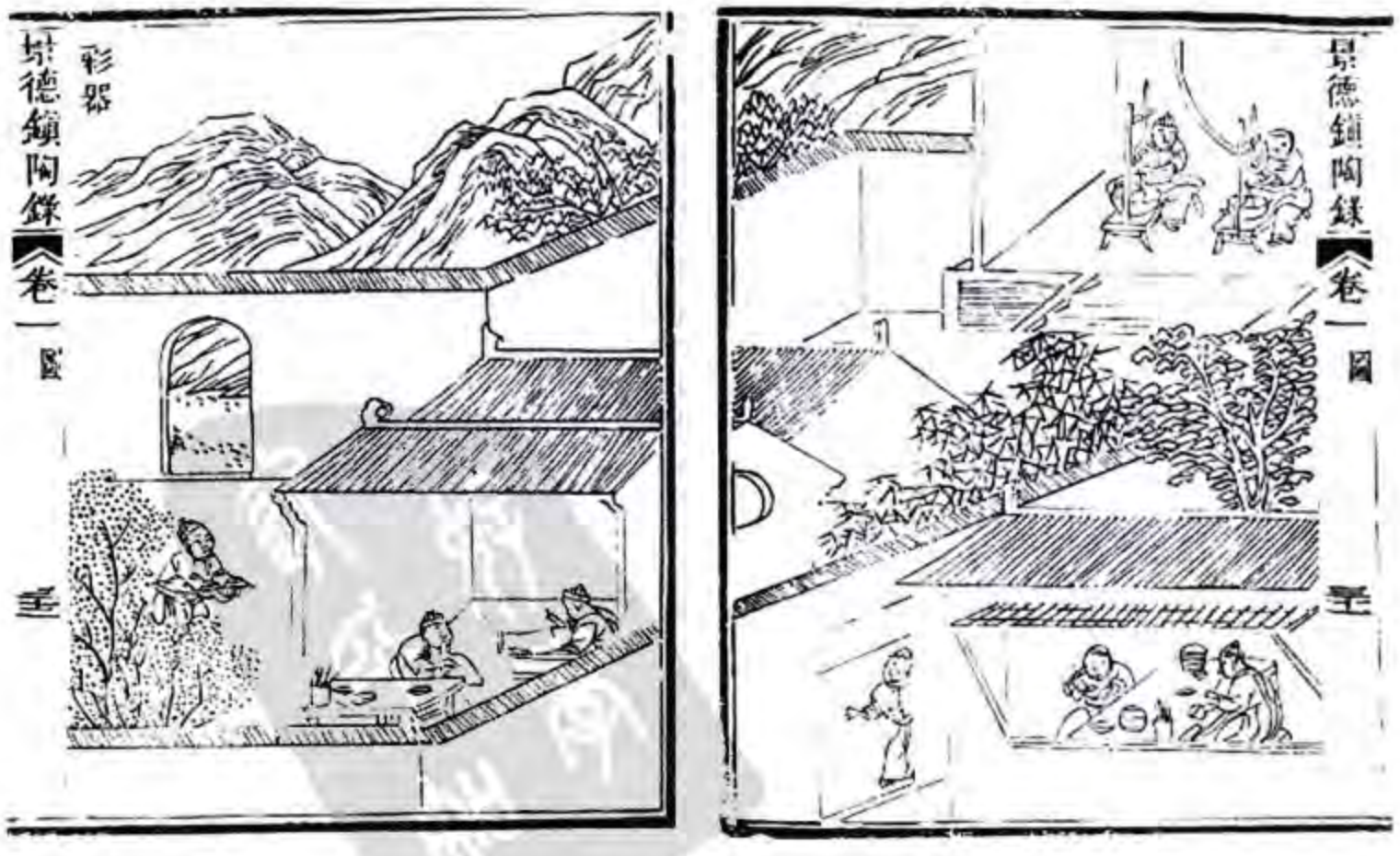
(a) 练泥



(b) 做坯



(c) 画坯



(d) 彩器

图 17-20　《景德镇陶录》中的“陶成图”

著。由于作者都是生活在景德镇，亲历目睹景德镇瓷业的繁荣，因此他们的论述较为详实。该书有插图 28 幅，拼起来实为 14 幅，本章仅选刊其中 4 幅：图 17-20（a）为练泥，是对原料的精加工。图 17-20（b）为做坯，可见陶工们在陶车上制作陶坯。图 17-20（c）为画坯，指在上釉前的陶坯上手工绘画，此后再上釉烧成。图 17-20（d）为彩器，它不同于画坯，而是指在烧成的白底素胎上绘画，再经高温烧烤，即成釉上彩瓷器。

图 17-21　珐琅瓷和粉彩瓷

据清宫档案记载，康熙曾诏令景德镇将已烧好的优质白瓷胚胎运送京师，由宫廷画师用西方进贡的珐琅彩在瓷胎上绘制各种花卉彩图，然后入炉烘烧。烧成的瓷器，画面瑰丽，花纹凸起，富于立体感。雍正年间，由于皇帝的喜爱，珐琅彩制作技艺更趋精细，改变了只绘花卉的格局，还绘鸟兽、竹石、山水等画面。乾隆时期画面上又增加了人物，在绘画技法上，进一步吸收西洋珐琅彩画的长处，色分深浅浓淡，呈现远近和立体层次。珐琅彩以 $PbO\text{-}B_2O_3\text{-}SiO_2$ 系统为基料，不同于中国传统的五彩，因而别具一格。珐琅彩瓷器成为专供皇宫观赏的珍品。图 17-21（a）、（b）同为故宫博物院藏品的清代珐琅彩花卉纹瓶和雉鸡牡丹纹碗。

就在珐琅彩在中国发展的同时，瓷工们运用珐琅彩配制经验，创制出粉彩瓷器。这是一种釉上彩的新品种，它利用在 $PbO\text{-}K_2O\text{-}SiO_2$ 玻璃釉中掺入一定量呈色剂和含砷的白色彩料而配制成。配料中的氧化砷起乳浊作用，给人以“粉”的感觉，从而能使同一彩色化成不同深浅浓淡的色调作用。粉彩瓷器在雍正、乾隆时期以其淡雅柔丽而成为彩瓷中的精品。图 17-21（c）、（d）都是故宫博物院藏品，图 17-21（c）为清代粉彩蟠桃天球瓶，口径 119 厘米，足径 17.7 厘米，高 50.6 厘米。图 17-21（d）为镂空转心瓶，口径 19.2 厘米，足径 21.1 厘米，高 40.2 厘米。

(a) 清代珐琅彩花卉纹瓶

(b) 清代珐琅彩雉鸡牡丹纹碗

(c) 清代粉彩蟠桃天球瓶

(d) 清代粉彩镂空转心瓶

图 17-21　珐琅瓷和粉彩瓷

图 17-22　展示在瓷瓶上的制瓷工艺

这是保存在山西博物馆的一个高 60.3 厘米、口径 20.2 厘米的清代嘉庆年间制成的粉彩大瓷瓶。上面分十幅画面依次描述了：采石、淘泥、镟坯、画坯、吹釉、满窑、烧窑、彩器、烧炉、监工等制瓷工艺。画面形象、生动。这里只选用了其中 6 幅。图 17-22（a）是描绘陶工们在陶车上镟作陶坯。图 17-22（b）描绘了陶工们在碗坯上作画的情景。图 17-22（c）描绘的是往瓶坯上吹釉。图 17-22（d）是描绘陶工们将半成品陶坯装入匣钵后，放入瓷窑中的状况。图 17-22（e）是烧窑的情景。图 17-22（f）是描绘在烧成的素胎上作画的情景。

图 17-23　远古时的漆器

根据考古资料，在中国生漆被发现利用约在新石器时代。1978 年浙江余姚河姆渡新石器遗址中曾出土一具涂有朱红色漆的木碗就是明证。图 17-23（a）就是这具上漆的木碗，口径 9.2 厘米，高 5.7 厘米，底径 7.2 厘米。现藏浙江省博物馆。此外在其他新石器遗址和夏商周的遗址或墓葬中也发现了涂漆的木器和陶器及涂漆的车马具、弓矢、兵甲等。图 17-23（b）是由河南罗山天湖商代 12 号墓出土的黑漆木碗。此碗出土时放置在铜甗内，说明是盛主食的用具，其直径 16.6 厘米，厚 2.6 厘米，现藏河南信阳市文管会。图 17-23（c）是 1997 年山东临沂银雀山西汉墓出土的漆木案。长 66.5 厘米，宽 41 厘米，高 3.5 厘米。现藏山东临沂银雀山汉墓竹简博物馆。

(a) 镟坯

(b) 画坯

(c) 吹釉

(d) 满窑

(e) 烧窑

(f) 彩器

图 17-22　展示在瓷瓶上的制瓷工艺

(a) 浙江河姆渡漆碗

(b) 河南罗山天湖商代黑漆木碗

(c) 山东银雀山汉代漆木案

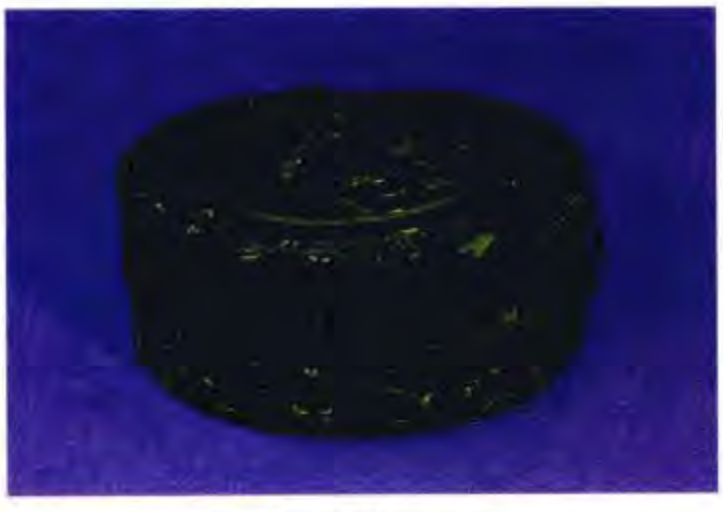
图 17-23　远古时的漆器

图 17-24　大量出土的战国漆器

出土的春秋战国时期的漆器不仅数量大，分布地域广，而且已被用作饮食器、日用器具、家具、乐器、兵器，交通器具等，这表明当时漆器工艺已在普及推广，形成中原、楚地、巴蜀三大漆器产区。漆器的色彩也由原来朱红和黑色扩展到红、黄、绿、蓝、白、金等多种颜色。湖北随州曾侯乙墓出土的大批漆器，就是例证。图 17-24（a）是该墓出土的彩绘乐舞图鸳鸯形漆盒，长 20.1 厘米，宽 12.5 厘米，高 16.5 厘米，现藏湖北省博物馆。图 17-24（b）是该墓葬出土的漆鹿，这些漆器，花纹清晰，图案精美，可以推测当时的色漆已是生漆添加桐油及颜料调制而成，表明制漆工艺有了很大进步。现藏湖北省博物馆。图 17-24（c）是湖北荆门市包山二号楚墓出土的战国晚期夹纻胎漆奁，直径 28 厘米，高 10.4 厘米。现藏湖北省博物馆。图 17-24（d)是出土于湖北江陵的战国时的彩绘描漆木雕小座屏。其高 15 厘米，宽 51.8 厘米，厚 3.0 厘米，现藏湖北省博物馆。

(a) 战国彩绘乐舞图鸳鸯型漆盒

(b) 战国漆鹿



(c) 战国漆奁

(d) 战国彩绘描漆木雕小座屏

图 17-24　大量出土的战国漆器

图 17-25　汉代的制漆新工艺

汉代贵族盛行深埋厚葬，漆器往往被当作精美的随葬品，因此近人能在考古发掘中出土大量的漆器。长沙马王堆 1 号汉墓就出土了漆器 184 件，3 号墓出土了 316 件。

图 17-25（a）、(b)都是长沙马王堆 1 号汉墓出土的漆案（案长 60.2 厘米，高 5 厘米，宽 40 厘米）、漆盘和漆鼎（通高 28 厘米，口径 23 厘米）。现藏湖南省博物馆。这些漆器足以反映汉代的制漆工艺水平。除了色漆调配技术的提高外，漆工们创制的夹贮胎漆器足以展示制漆工艺的进步。夹贮胎漆器的制作，先以泥土或石膏为初胎，然后用麻布或丝织品贴在上面，一层麻丝一层漆，直到成型，待生漆干后再将土或石膏胎除去，再进一步涂漆、磨光，彩绘，并镶嵌金属零件。这种漆器也称脱胎漆器。汉代的漆工作坊已有精细分工，可谓“一杯卷用百人之力，一屏风就万人之功”。图 17-25（c）是长沙马王堆 3 号汉墓出土的夹贮胎漆奁，通高 16.9 厘米，口直径 24.1 厘米。现藏湖南省博物馆。图 17-25（d）则是 1978 年湖北云梦睡虎地 47 号墓出土的西汉云纹漆耳杯，高 5.5 厘米，长 18.2 厘米，宽 14 厘米。现藏湖北省博物馆。

(a) 西汉云龙纹漆案及杯盘

(b) 西汉云纹漆鼎

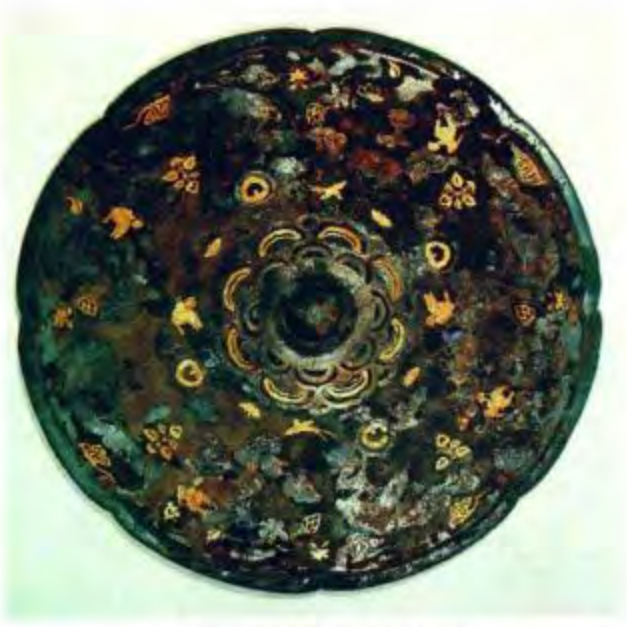
(c) 西汉夹贮胎漆奁

(d) 西汉云纹漆耳杯

图 17-25　汉代的制漆新工艺

图 17-26　剔红漆器

在两汉金银扣器的基础上，在唐代发展为“金银平脱”，即把金银薄片雕成花纹粘连在漆胎上，上漆后经打磨推光，现出闪闪发光的金银花纹，和漆面平托于器表，十分华丽。图 17-26（a)是唐代金银平脱漆背铜镜，直径 36.2 厘米，现藏中国国家博物馆。在唐代还发明了“剔红”技术，即把朱漆层层涂在木胎或金属胎上，每上一道漆就用刀剔出深浅花纹图案，从而显现立体感的图像。剔红又叫雕红。图 17-26（b）为南宋时剔红漆盒，口径 8.7 厘米，高 3 厘米，故宫博物院藏品。这种技艺在宋元时期很流行。图 17-26（c）为元代名匠张成制造的剔红犀盒，高 4.45 厘米。现藏台北故宫博物院。宋代还曾创制出“犀皮”漆器，它涂的漆是朱红、黑、黄三色，与犀牛皮很相像。图 17-26（d）为南宋中期的剔犀执镜盒，直径 15.4 厘米，长 27.0 厘米，由江苏武进县村前乡南宋墓出土，现藏常州市博物馆。



(a) 唐代金银平脱漆背铜镜

(b) 南宋剔红漆盒

(c) 元代剔红犀盒

(d) 南宋剔犀执镜盒

图 17-26　剔红漆器

图 17-27　明清时期的漆器

明清时期是我国古代漆器生产的鼎盛时期，使用金玉、珠宝等镶嵌于漆器上而制成的“百宝嵌”漆器是当时最负盛名的漆器工艺品。

明代隆庆年间（1567～1572），新安民间剔红艺人黄成撰写《髹饰录》，明天启五年（1625）嘉兴漆工杨明为此书作注。该书是我国现存的唯一的一本古代漆工专著。内容涉及髹饰的历史、原料、工具、工艺技法、品种及漆工的禁忌、过失等。

图 17-27（a）为明代晚期的花卉纹百宝嵌黑漆笔筒，筒口长 15.2 厘米，高 15.2 厘米，为故宫博物院藏品。

图 17-27（b）是清代的百宝嵌人物六方盘，为明末清初扬州江千里所作，现藏美国旧金山亚洲美术馆。

图 17-27（c）是明嘉靖年间红色锭状漆雕盘，现藏大英博物馆。

(a) 明代花卉纹百宝嵌黑漆笔筒

(b) 清百宝嵌人物六方盘

(c) 明嘉靖年间红色锭状漆雕盘

图 17-27　明清时期的漆器

第十八章　军事技术

军事技术主要包括：各种武器装备及其研制、生产所涉及的技术基础理论与基础技术，发展武器装备效能的运用技术以及军事工程和军事系统工程等。武器装备和军事筑城是军事技术的主体，是军事技术发展水平的集中体现和实物载体。本章精选中国军事技术发展史轨迹中的突出闪光点，聚焦式地再现其中的成果。其中的每一幅图片，都形象地显示出某一历史瞬间某一武器装备和军事筑城的实物载体，凝聚了研制和运用它们进行军事斗争的基础理论和基础技术，无声地传递了我们的祖先在军事技术创造发明和成功运用过程中，所迸发出的智慧信息。

按照军事技术学科的内涵和特点，“军事技术图录”所精选的图片，包括中国军事技术各个历史发展阶段中的武器装备和军事筑城两大类的实物载体图。其中：武器装备主要包括冷兵器、火器、战车、战船等文献载图和遗存体的照片；军事筑城主要包括边防、海防、江防、城防、野战等军事工程遗迹的照片。

冷兵器按其操持动作和杀伤作用的特点，可分为劈砍兵器、直刺兵器、钩啄兵器、特式兵器、射远兵器、格斗兵器、卫体兵器、防护装具等；火器可分为火药、火球（火炮）、火枪、火铳、传统枪炮、火绳枪炮、火箭、喷筒、爆炸弹等。战车、战船和军事工程因所选图片不多，不作分类，以免繁琐。在按上述分类精选的图片中，又将各分类的图片按成果问世年代的先后进行排列。经过这样的分类和按年代先后排列的军事技术图录，在总体上具有如下几个特点。

第一，军事技术发展史的轨迹依稀可见

军事技术图录以距今约 3 万年的旧石器时代晚期的石制峙峪石镞为首图，加上新石器时代的七孔石刀，体现了华夏原始人在史前 2 万多年前，就已经出现了以石制工具兼作格斗的厮杀器械了，这些器械一直沿用到夏代。商代青铜刀头、妇好钺、西周战车及其兵器、吴王夫差矛、越王勾践剑、秦俑坑的青铜铍和青铜矛戟，呈现了夏商至秦代青铜兵器发展的盛况。从商代的铁刃铜钺、西汉的铁制铠甲，到宋、元、明的特式兵器，则是各种兵器从萌芽到百花齐放的时代。北宋将火药制成初级火器用于战争，开创人类军事技术上火器与冷兵器并用的时代，这个时代一直延续到 1894～1895 年的中日甲午战争。江南制造局和金陵机器局的创办，旅顺军港的建成，便是中国军事技术全面进入火器时代的重要标志。以重大成果为闪光点或支撑点的中国军事技术发展史的历史轨迹，尽在“军事技术图录”中，而战车、战船、军事工程则纵贯其中。

第二，军事技术史学科的框架构建完备

军事技术图录包容了本学科框架。它以武器装备和军事筑城为主体，其下又有若干支撑柱。兵器分为冷兵器与火器。冷兵器除了通常所说的刀枪剑戟、斧钺钩叉、镗钯槊棍、锤锏鞭挞、拐子流星外，还有弓弩箭砲、戈矛钹挽、叉杈铲笊、甲胄盾牌等数十种。这些都精选在本章中。

本章对有些重要的图片，还征引一些简单的战例、事例和历史背景等内容，反映图片所

含的学术价值和历史价值，构成短小的学术单元，供研究人员参考和引用。

图 18-1 峙峪石镞

图 18-1 峙峪石镞

1963 年山西朔县峙峪村出土的石镞。长 2.8 厘米，用薄燧石片精磨而成，镞锋锐利，经放射性碳素测定，约制于 29 000 年前，是我国迄今发现最早的石镞。今藏山西省博物馆。

图 18-2 建武三十二年弩机

装有张弦机构可以延时发射的弓。由长方形郭、悬刀、钩心、牙、键等部分构成。郭长 11.8 厘米，重 1100 克，前窄后宽，上刻箭槽，左侧刻有篆书“建武三十二年（56）主宿卫虎贲官监造”等字。1959 年于河北定庄出土。现藏河北省博物馆。

图 18-2 建武三十二年弩机

图 18-3　小合蝉弩

一种威力较大的弩。将 2 张弓安于弩床上，以绞动其后部的轮轴张弓装箭，待机发射。使用时，由 7 人张发大凿头箭，射程可达 140 步。原载《武经总要》卷 13。

图 18-3　小合蝉弩

图 18-4　蒙古大弓

蒙元时期蒙古人使用的大弓。藤架背，牛角弯弓，弓架长 192 厘米，弦长 112 厘米，从弓架背中心向两侧各嵌一条长 65 厘米，宽 5.5 厘米的牛角片，可谓精弓。内蒙古上元艺术博物馆藏。

图 18-4　蒙古大弓

图 18-5　宋代使用的单梢炮

宋代战争中利用杠杆原理抛掷石弹的一种重型远程战具。又称炮。由此前的抛石机发展而来。炮身以木为架，结合部用金属件联结。架顶横置一根可转动的炮轴，抛射杠杆“炮梢”与“炮轴”成“十”字正交。梢头系多根拽索，梢尾的甩兜中放置石弹。抛射时，由多名炮手拉动拽索，使炮梢急速转动，在离心力作用下，石弹被抛至百米远的敌方，产生毁杀作用。原载《武经总要》卷 12。

图 18-5　宋代使用的单梢炮

图 18-6　襄阳炮

元军于 1273 年攻襄阳时利用动量和动量矩平衡原理创制的重力下坠式抛石机。又称“回回炮”。木制炮架成虎蹲式，架顶横置一根可转动的炮轴，炮梢穿过炮轴中心，梢尾的甩兜中心放 150 斤重的石弹，按配重原理在梢头挂附千斤巨石或铁，平时钩于架上，不使下坠。使用时，将钩突然松开，梢头巨石骤然下坠，在动量作用下，将 150 斤石弹抛至城楼，攻击襄阳城。与宋炮相比，襄阳炮“用力省而所击甚远”。原载冯家昇《火药的发明和西传》。

图 18-7　七孔石刀

新石器时代生产工具和战具并用的磨制穿孔而成的石质劈砍器具。1955～1958 年在南京北阴阳营遗址出土。刀身长 22.6 厘米，磨制精细；穿有绑柄用的七孔，是现存穿孔技术较高的制品。南京博物院藏。

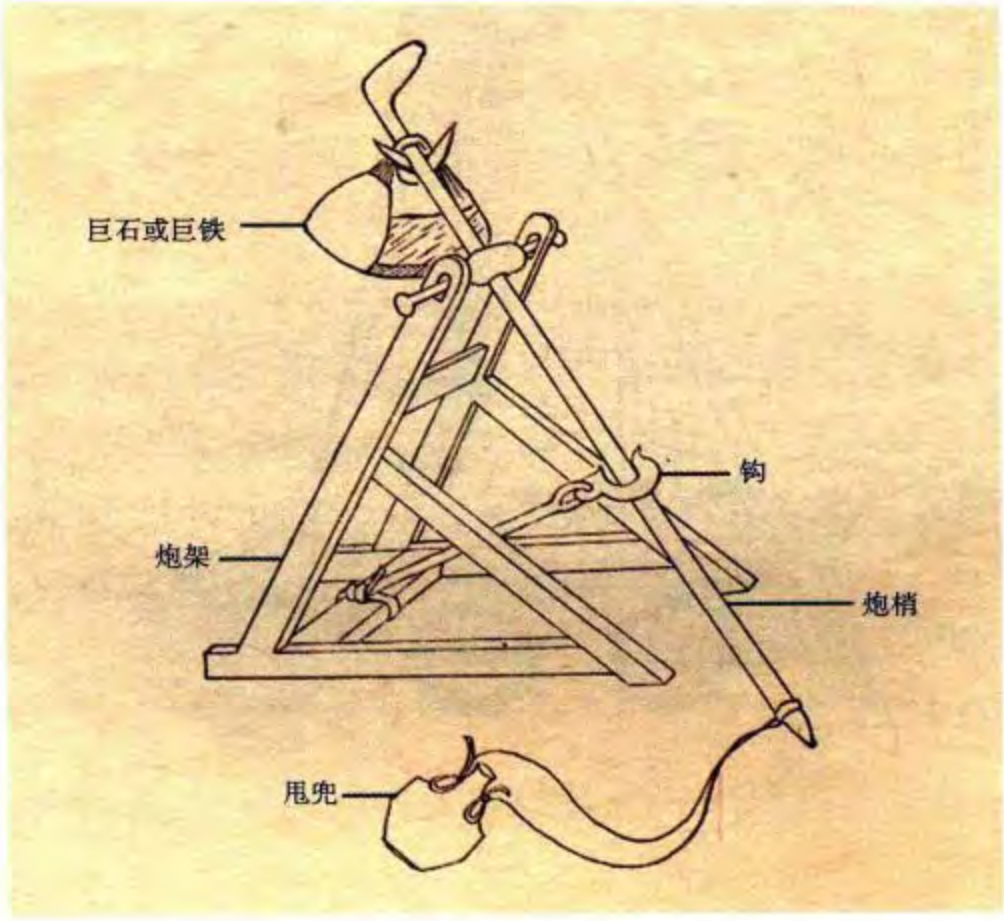


图 18-6　襄阳炮

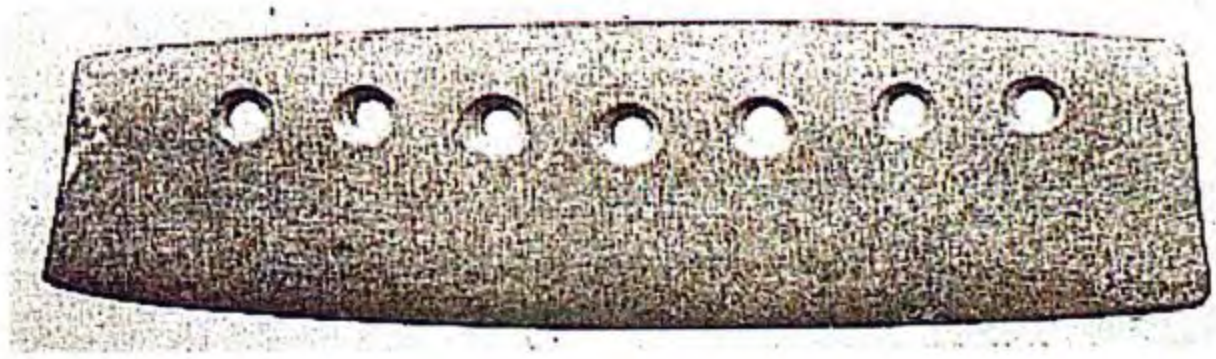


图 18-7　七孔石刀

图 18-8　雷目纹铜刀

商代晚期制作的青铜刀具。刀身长 38.7 厘米，宽 6.2 厘米，曲刃，有脊镂雕，末端可安柄。可作为护身兵器。上海博物馆藏。

图 18-8　雷目纹铜刀

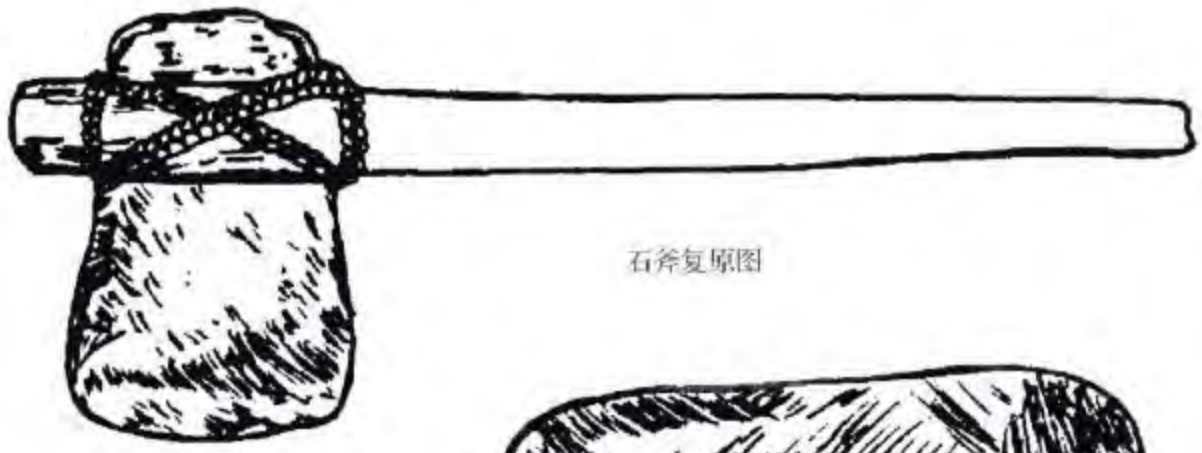
图 18-9　越王勾践剑

春秋晚期制作的青铜剑精品。1965 年于湖北江陵望山 1 号楚墓出土，全长 55.6 厘米，格宽 3 厘米，有鸟篆体铭文："越王鸠浅　自乍用鐱"，剑身布满花纹，剑锋锐利。今藏湖北省博物馆。

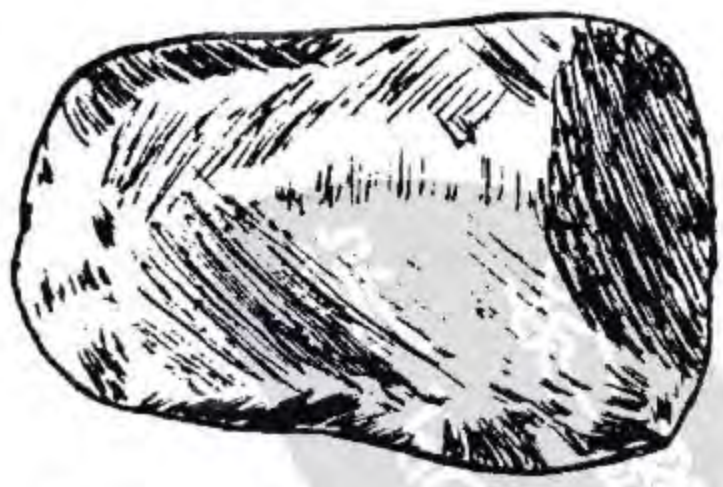
图 18-9　越王勾践剑

图 18-10　石斧

新石器时代生产工具和战具并用的石制劈砍器具。山东和江南地区新石器时代晚期多有出土，斧头长约 12 厘米，宽约 8 厘米，呈扁平、宽刃状，穿孔，可安柄。此图据实物绘制。



石斧复原图



石斧头

图 18-10　石斧

图 18-11　妇好钺

商代后期制作的青铜钺。是商王武丁之妻妇好用以象征其统帅权的兵器。1976 年在安阳殷墟妇好墓出土，钺身铸有"妇好"二字，长 39.5 厘米，刃宽 37.5 厘米，重 9 千克，饰以虎噬人纹，是钺中精品。中国国家博物馆藏。

图 18-11　妇好钺

图 18-12　铁刃铜钺

商代中期用陨铁刃浇铸于青铜钺身而成的兵器。1972 年在河北藁城台西村遗址出土。铁刃系用陨铁锻打而成，尔后浇铸于青铜钺身中。现存铁刃铜钺残长 11.1 厘米，阑宽 8.5 厘米，铁刃残存部分的后段夹于青铜钺身内，约 1 厘米。河北省博物馆藏。

图 18-12　铁刃铜钺

图 18-13　吴王夫差矛

春秋晚期铸造的青铜矛。1983 年在湖北省江陵马山 5 号楚墓出土，全长 29.5 厘米，最宽处 5.5 厘米，中脊呈三棱形，满布花纹，正面近骹处有错金铭文："吴王夫差　自乍（作）用鉇"，是矛中精品。湖北省博物馆藏。

图 18-13　吴王夫差矛

图 18-14　秦青铜钺

秦始皇嬴政十七年（前 230）制造的直刺兵器。由钺头、格和长柄组成，末端安柄，全长 3.7～3.82 米。钺身平脊，茎呈矩形，近端处有一小圆孔，用以穿钉固柄。1974～1977 年，陕西省考古工作者曾在秦俑坑发现多柄青铜钺。秦始皇兵马俑博物馆藏。

图 18-14　秦青铜钺

图 18-15　清军使用的长枪

清军使用的长柄直刺兵器。种类甚多，都由枪头、枪柄组成。枪头长 7 寸～1.1 尺，柄长 1～1.3 丈。八旗虎枪营用虎枪，健锐、护军、骁骑等营用长枪，绿营兵用长枪、钩镰枪、蛇镰枪、手枪、钉枪、矛、戟等，《清会典图》卷 102 载有它们的图形。现有几种制品藏于山海关城楼。

图 18-16　高子戈

春秋齐桓公时内主高幹使用的青铜戈。1970 年于山东临淄区白兔丘村南高幹墓附近出土。援长 12 厘米；胡长 5 厘米，内长 6.5 厘米，宽 2.7 厘米，内上一穿；阑侧三穿；近援处有阴文"高子戈"3 字。高子名幹，谥"敬中"。山东临淄区齐国故城博物馆藏。

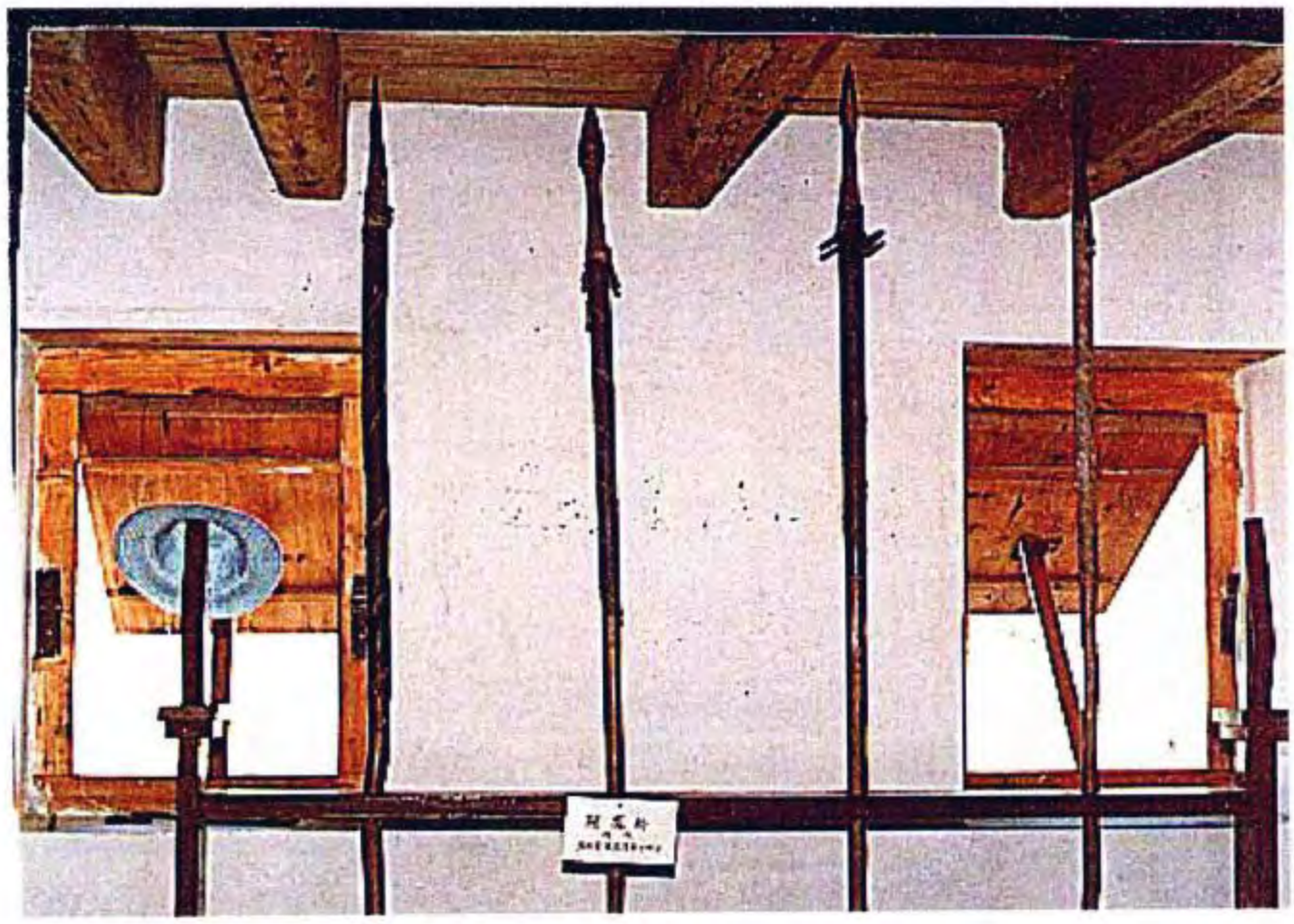


图 18-15　清军使用的长枪

图 18-16　高子戈

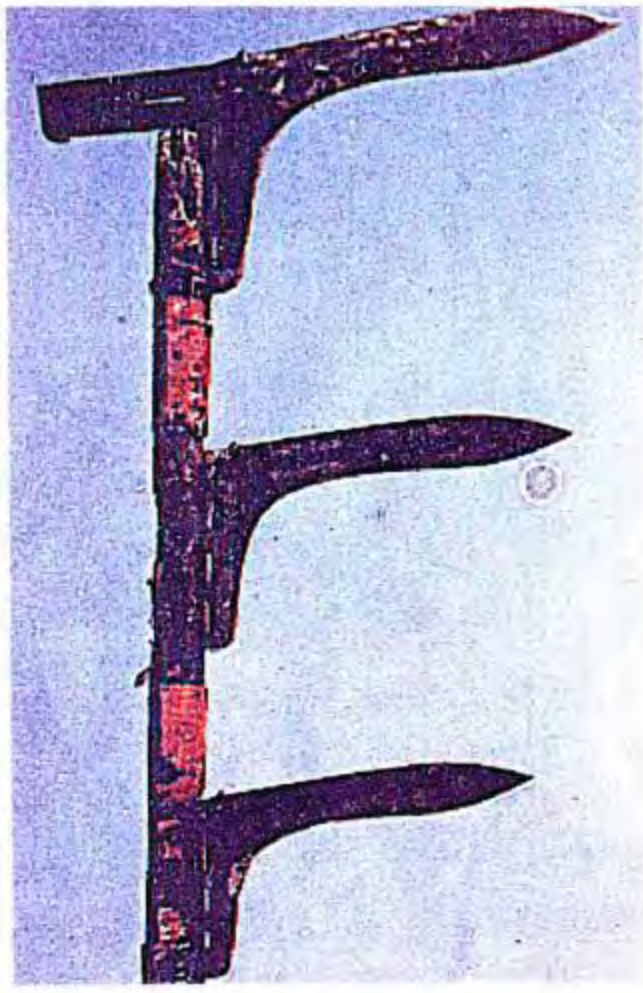


图 18-17　三戈戟

图 18-17　三戈戟

春秋末战国初楚国制造的在长柄上安装三个无内戈头的戟。1978 年在湖北随县擂鼓墩一号墓（即曾侯乙墓）出土，其杀伤力远较单戈戟为强。湖北省博物馆藏。

图 18-18　秦戈矛合体戟

图 18-18　秦戈矛合体戟

由戈头和矛头联装的戟。1974～1977 年，陕西省考古工作者在秦俑坑发现此戟，柄长约 3 米，有铭文：“三年相邦吕不韦造寺工𠂤　丞义　工窤”。可知此戟制于公元前 244 年。秦始皇兵马俑博物馆藏。

图 18-19　宋代的特式兵器

宋代非常用的特制兵器。《武经总要》卷 13 记载有：击打兵器杵棒、杆棒、狼牙棒、白棒、柯藜棒、铁锏、铁链枷棒、铁鞭、连珠铁鞭等，钩刺兵器钩棒、抓子棒等，击砸兵器蒜头骨朵、蒺藜骨朵等。此外还有出土的李纲铁锏。它们大多是一些将领专用的特式兵器，有的则是适应特殊作战需要的兵器。原载《武经总要》和《文物》1985 年第 5 期。

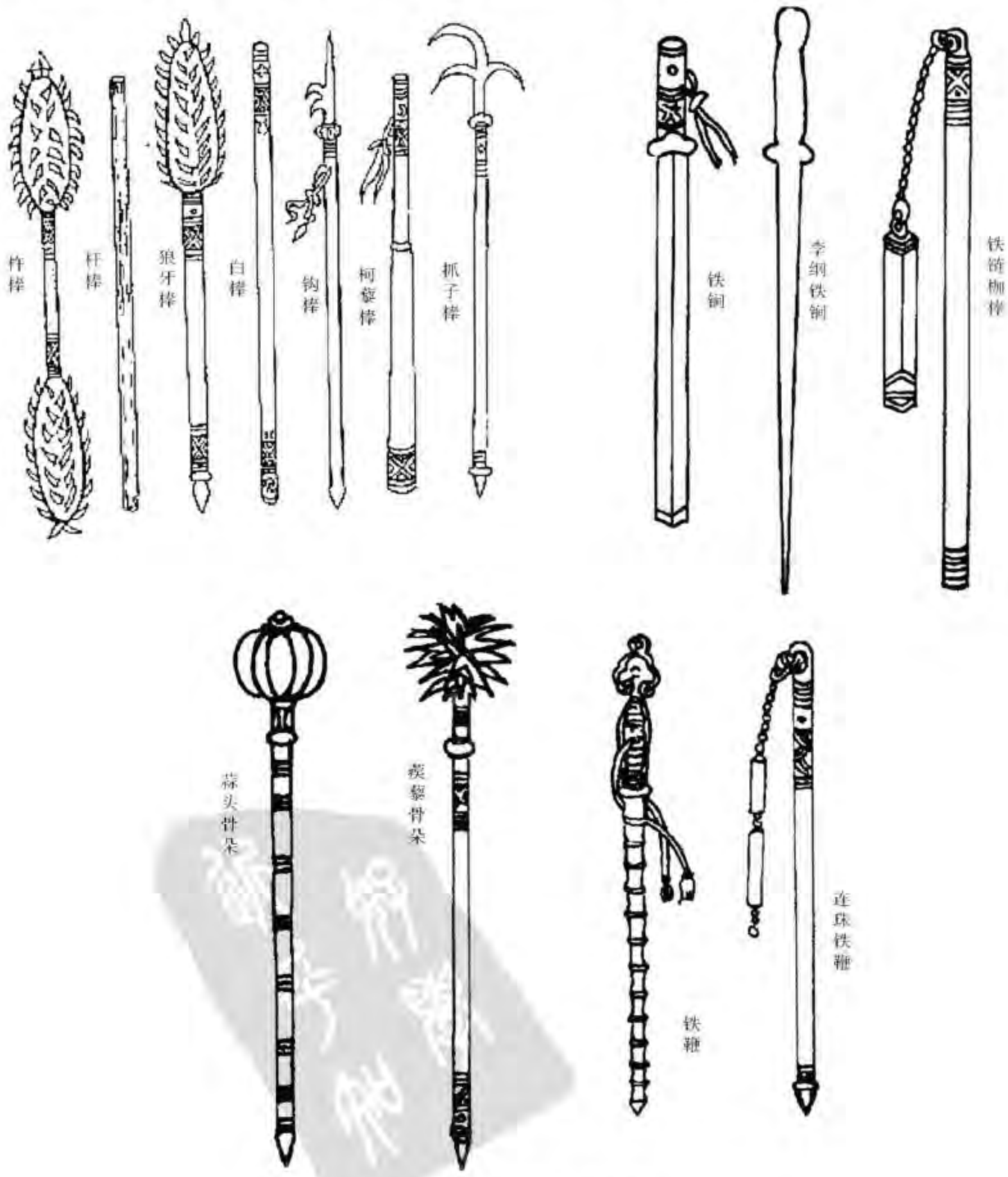


图 18-19　宋代的特式兵器

图 18-20　明代的特式兵器

明代非常用的特制兵器。《武备志》等兵书记载有镋钯类兵器荡钯、镋钯、镋、杁、文武镋、矛镰镋等，叉铲类兵器马叉、铲等，击刺类兵器大棒、夹刀棍等，抓击类兵器飞挝、飞锤等，戚继光（1528～1587）在抗倭作战中创制的狼筅。它们都是一些将领专用的特式兵器，有的则是适应特殊作战需要的兵器。原载《武备志》等兵书。

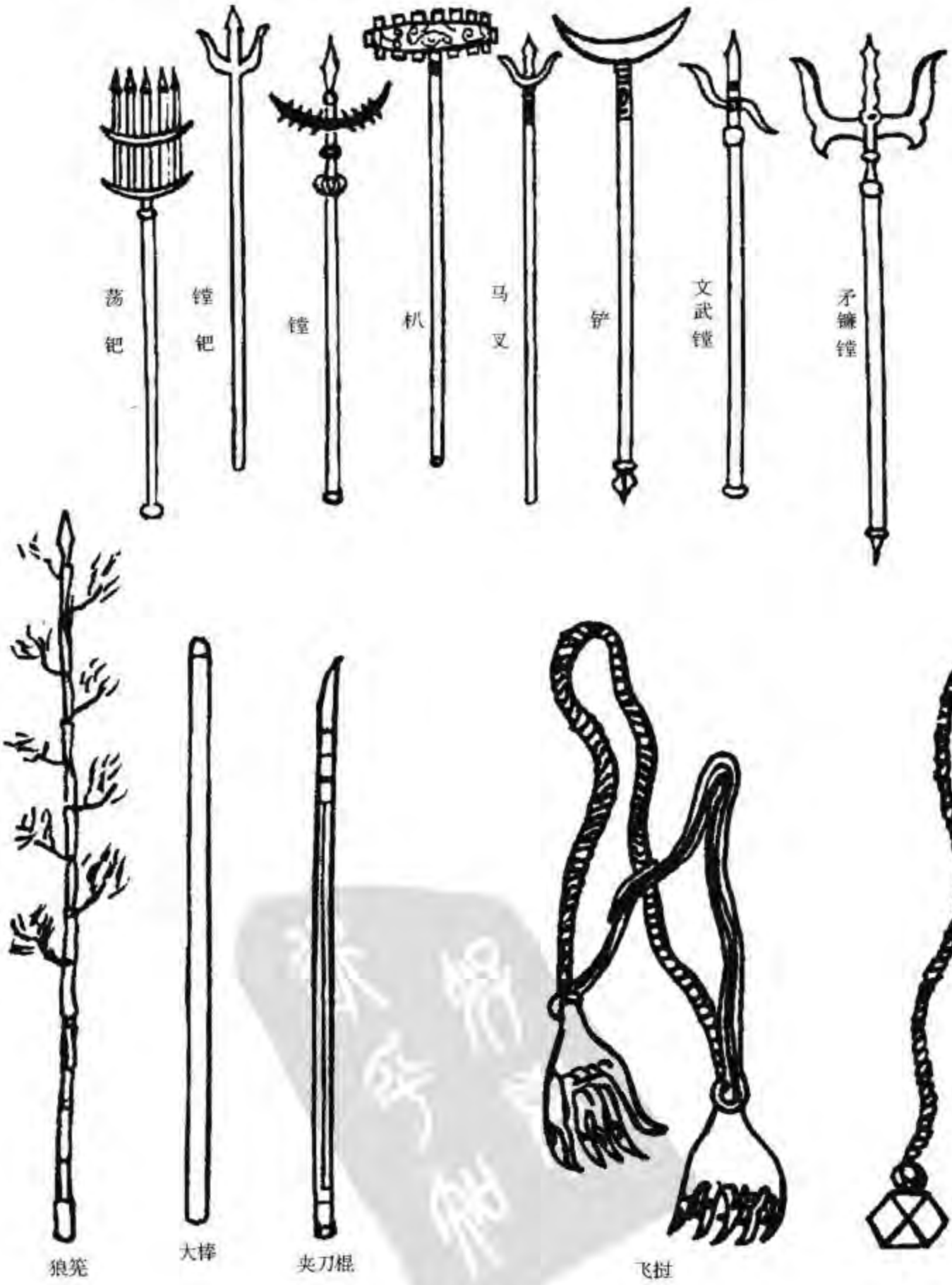


图 18-20　明代的特式兵器

图 18-21　西汉铁制鱼鳞甲胄

西汉时期用小铁片编缀而成的一种防护装具。鱼鳞甲共有甲片 2244 片，复原后长约 80 厘米，腰围约 1.2 米，甲片上饰有金片、银片。胄由 80 片甲片编缀而成，复原后高约 24.5 厘米，是铁制铠甲和胄的精品。

图 18-21　西汉铁制鱼鳞甲胄

图 18-22　宋军使用的步人甲

宋代将士穿在身上的防护装具。由“甲身、上缀披膊、下属吊腿，首则兜鍪、顿项”等部分组成，穿着后使全身各部分都有防护。河南巩县宋陵前石雕擐甲武士像上的兜鍪和铠甲，与《武经总要》所绘图形相符。选自《武经总要》卷 13。

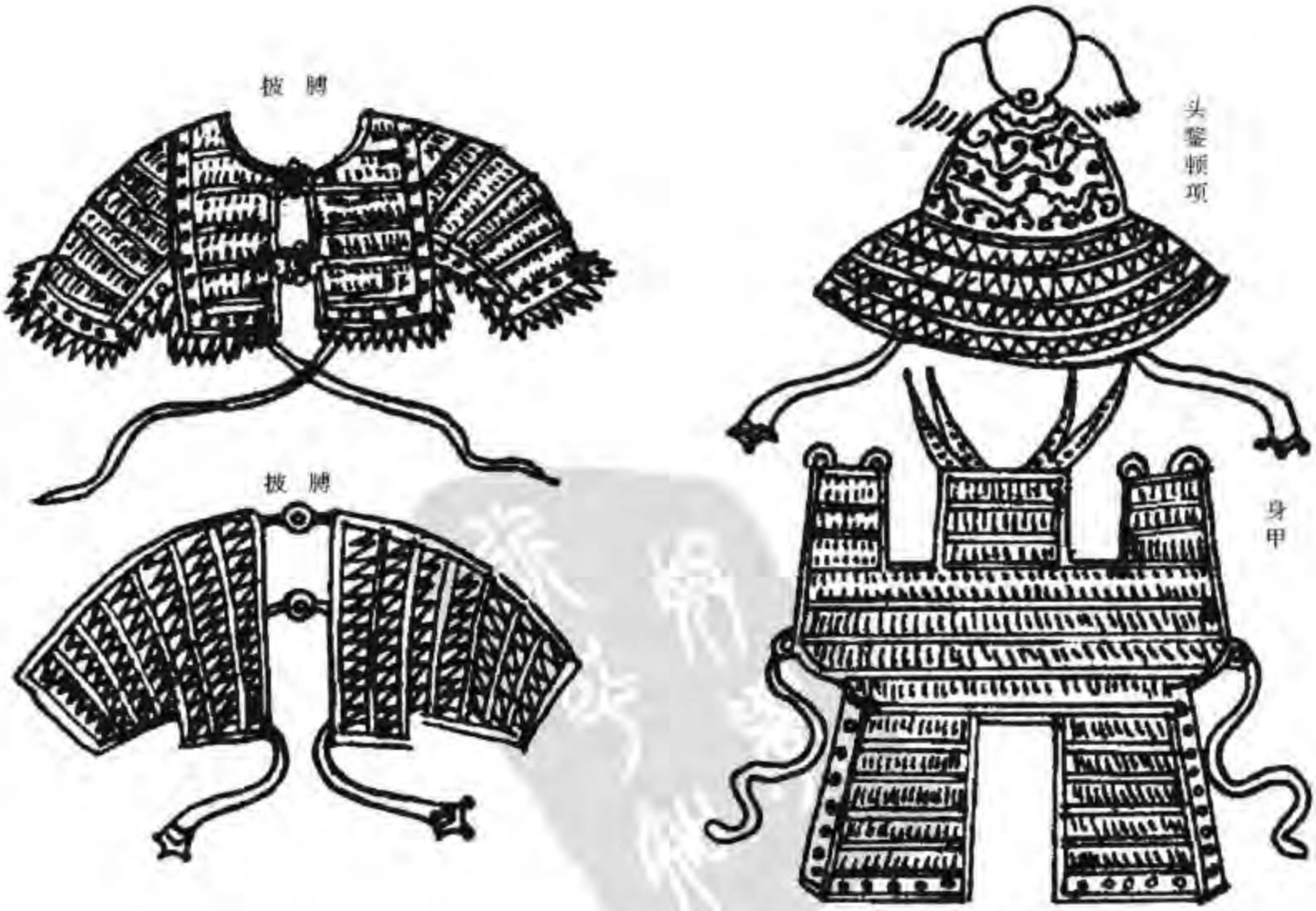


图 18-22　宋军使用的步人甲

图 18-23　北朝兽面盾

图 18-23　北朝兽面盾

北朝时期一种手持的防护械具。当时步兵使用较大的长方形盾，中间有中凸脊棱，棱的中心饰有狮面图案。

图 18-24　明军使用的盾

明军使用的手持防护械具。手牌用白杨木制造，长5.7尺，两头宽1尺，中间宽6～7寸，较轻便。燕尾牌用柁木或桐木制造，宽不满尺。挨牌用白杨木制造，底宽1.5尺，上宽1.1尺，背有系扣，便于携带。藤牌用老柳藤编制，中心外突，背面凹空，周沿稍高，背有二环，便于手持。选自《武备志》卷104。

手牌　　挨牌　　燕尾牌　　藤牌

图 18-24　明军使用的盾

图 18-25　西晋末东晋初的马镫

西晋末东晋初制造的挂在马鞍两旁供骑兵脚蹬的马具。河南安阳孝明屯晋墓出土，长 27 厘米，厚 0.4 厘米，木芯，外包铜片，是我国现存最早的马镫实物。使用马镫后大大提高了骑兵快速驰突的战斗力。河南省博物馆藏。

图 18-25　西晋末东晋初的马镫

图 18-26　《武经总要》刊载的三个火药配方

世界上最早的火药配方。有火毬、蒺藜火毬、毒药烟毬火药配方，它们的硝含量已占 50%左右，具有燃烧与爆炸效应；再加上其他辅料，便可产生杀伤与毁坏作用。它们是宋军经过试用改进后的定型制品，成为当时军用火药的样本，为初级火器火毬、火药箭、火枪的创制创造了条件。

火藥法
晉州硫黃十四兩　窩黃七兩　焰硝二斤半
麻茹一兩　乾漆一兩　砒黃一兩
定粉一兩　竹茹一兩　黃丹一兩
黃蠟半兩　清油一分　桐油半兩
松脂一十四兩　濃油一分
右以晉州硫黃窩黃焰硝同搥羅砒黃定粉黃丹同研
乾漆搽為末竹茹麻茹鄧徹灰為粹末黃蠟松脂清
油桐油濃油同熬成膏入前藥末旋旋和勻以紙五
重裹衣以麻纏定更別鎔松脂傅之以砲放襲有效
毒藥煙毬法具火攻門
蒺藜大毬以三枝六竹鐵刃以火藥圍之中貫麻繩長
一丈二尺外以紙并雜藥傅之又施鐵蒺藜八枝各
有逆鬚放時燒鐵錐烙透令煙出
油洞油濃油同熬成膏入前藥末旋旋和勻以紙五
重裹衣以麻纏定更別鎔松脂傅之以砲放襲有效
毒藥煙毬法具火攻門
蒺藜大毬以三枝六竹鐵刃以火藥圍之中貫麻繩長
一丈二尺外以紙并雜藥傅之又施鐵蒺藜八枝各
有逆鬚放時燒鐵錐烙透令煙出
毬重五斤用硫黃一斤五兩草烏頭五兩焰硝一斤十
四兩芫五兩搥碎每五兩拽油二兩止小油二兩半
木炭五兩濾青二兩半此箇二兩黃蠟一兩竹茹
一兩一分洗淨一兩一分搥合為毬貫之以麻纏一
鐵毬一枚二只重半斤為弦子更以故紙一十二兩
半麻皮十兩濾青二兩半黃蠟二兩半黃丹一兩一
分安衆半斤攪合塗衛于外焙其氣熏人則口鼻血
出一物延以砲放之窖攻城者

图 18-27　火毬

北宋时期创制的装有火药的球形燃烧性火器。又称火炮。有火毬、蒺藜火毬、霹雳火毬

等 8 种制品。大多以火药与其他药料的混合物为核心、用多层纸或布等糊固成防潮和可慢燃的球形壳体。使用时，先灼烙外壳，再借助抛石机将其抛至敌阵，产生施毒、布障、发烟、燃烧等杀伤作用。原载《武经总要》卷 11、12。

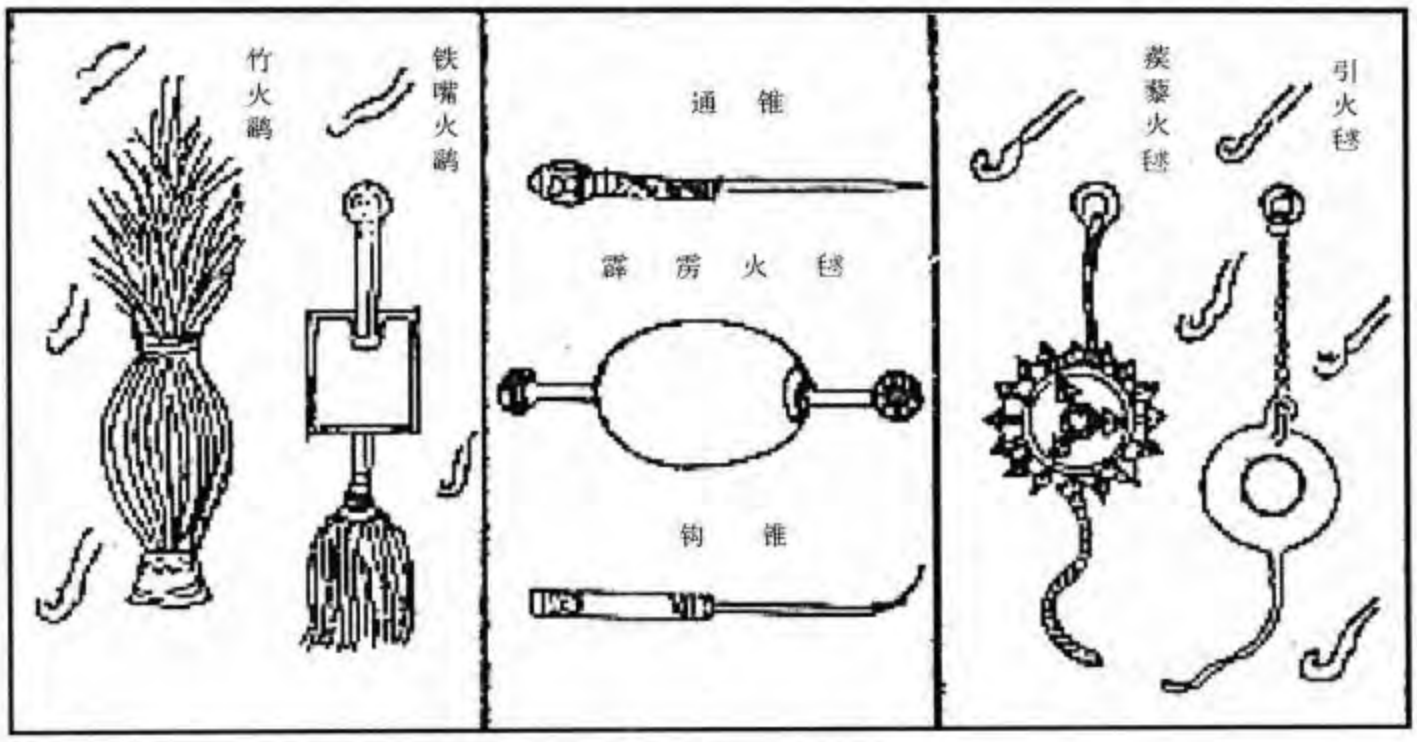


图 18-27 火毬

图 18-28 阿城铳

黑龙江阿城县出土的元代早期手射火器。由铳膛、药室和尾銎构成，全长 340 毫米，口径 26 毫米，重 3.55 千克。药室呈灯笼罩式隆起，药线从火门通出，点火后将弹丸射出。黑龙江博物馆藏。

图 18-28 阿城铳

图 18-29　至正辛卯铜手铳

元至正十一年（1351）制造的手射火器。全长 435 毫米，口径 30 毫米，重 4.75 千克，有六道加强箍、前部刻有“射穿石扎，声动九天”8 字，尾部刻有“至正辛卯”6 字。乾隆二年（1737）在山东益都发现。中国人民革命军事博物馆收藏。

图 18-29　至正辛卯铜手铳

图 18-30　明洪武十二年铜手铳

1956 年在山东梁山县宋金河出土的手射火器。铳身有铭文：“凤阳怀远卫造□重叁斤五两□监造镇□军匠□□洪武十二年（1379）□月□日造”。类似的手铳甚多。

图 18-30　明洪武十二年铜手铳

图 18-31　永乐十二年铜手铳

明军使用的手射火器。铳身有铭文：“天字叁万肆千陆佰陆号　永乐拾贰年（1414）叁月□日造”。全长 360 毫米，口径 14 毫米，重 2200 克，药室装有旋转式火门盖，保持室内火药洁净，铳膛自后至前呈微锥形，配有装药匙，向药室装填定量火药。类似的手铳甚多。原载《火炮的起源及其流传》。

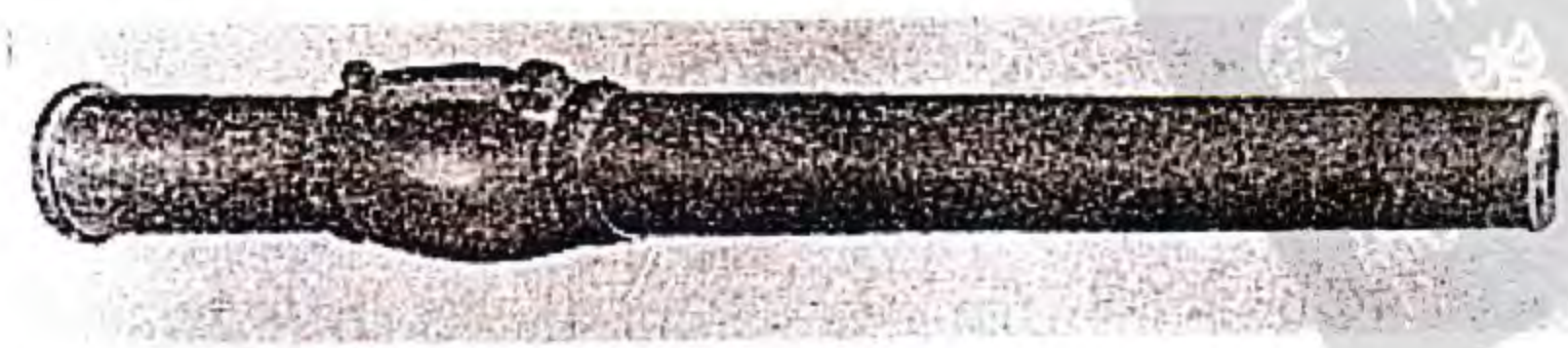


图 18-31　永乐十二年铜手铳

图 18-32　三眼铳

铳身由 3 支铁铳平行绕柄箍合而成的手射火器。单铳长 190 毫米，口径 15 毫米，三眼铳全长 340 毫米。三眼铳创制于明嘉靖年间（1522～1566），适于北方骑兵使用，在距敌三四十步时，可进行齐射或连射，射毕后还可作为闷棍击敌。原载《火炮的起源及其流传》。

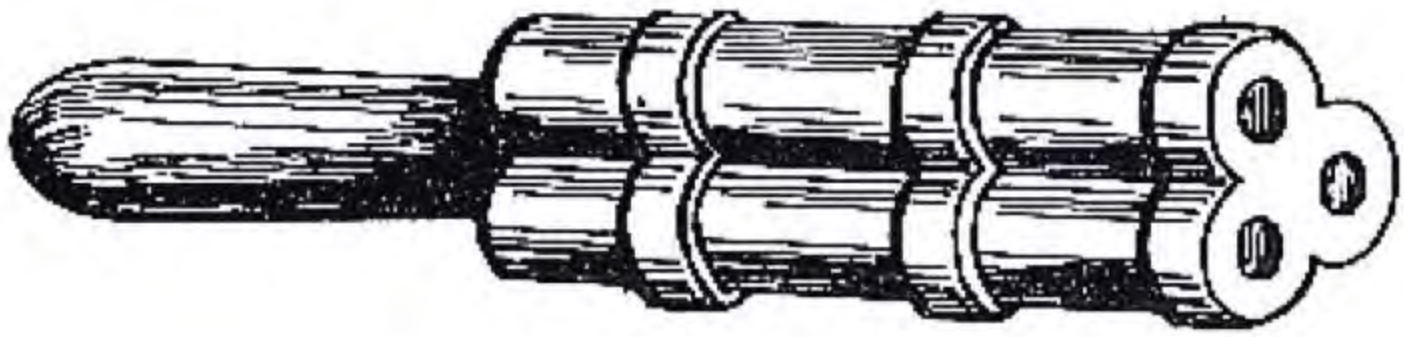


图 18-32　三眼铳

图 18-33　至顺三年铜碗口铳

现存最早的铜制火铳之一。1949 年前在北京云居寺被文物爱好者发现，现藏中国国家博物馆。由铳口、铳膛、药室、尾銎组成。全长 353 毫米，口径 105 毫米，尾銎径 77 毫米，重 6940 克。有铭文："至顺三年（1332）二月十四日　绥边讨寇军　第三百号马山"。多安于架上发射，射角大小由铳身前部下垫木块的多少确定。是现存用于守御隘口的火炮之一。

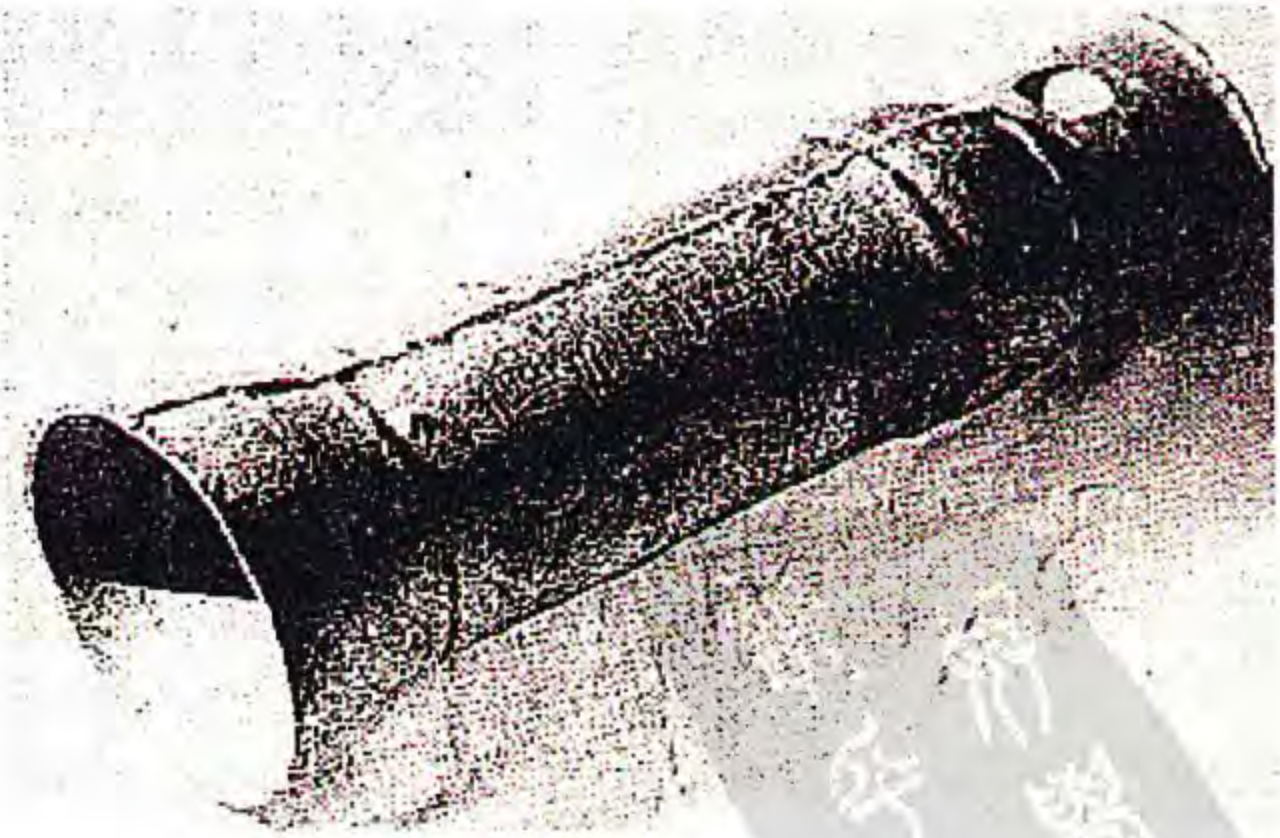


图 18-33　至顺三年铜碗口铳

图 18-34　莱州卫大炮筒

大型铜碗口铳。1988 年于山东蓬莱马格庄乡出土，有 2 门。其中一门长 630 毫米，口径 230 毫米，重 7350 克，有铭文："莱州卫莱字二十九号大炮筒　重一百二十一斤，洪武八

年（1375）二月　宝源局造”。是出土实物中制造年代最早的用于山东沿海要塞的海岸炮。山东蓬莱县文物馆藏。

图 18-34　莱州卫大炮筒

图 18-35　洪武十年大铁炮

大型铁火炮。共有 3 门。炮身自前至后有五道箍，管壁较厚，后部两侧各横出两根提柄，尾部封闭如半球面，全长 1000 毫米，口径 210 毫米，尾长 100 毫米，提柄各长 160 毫米。铭文：“大明洪武十年（1377）丁巳□季月吉日平阳卫铸造”。山西省博物馆藏。

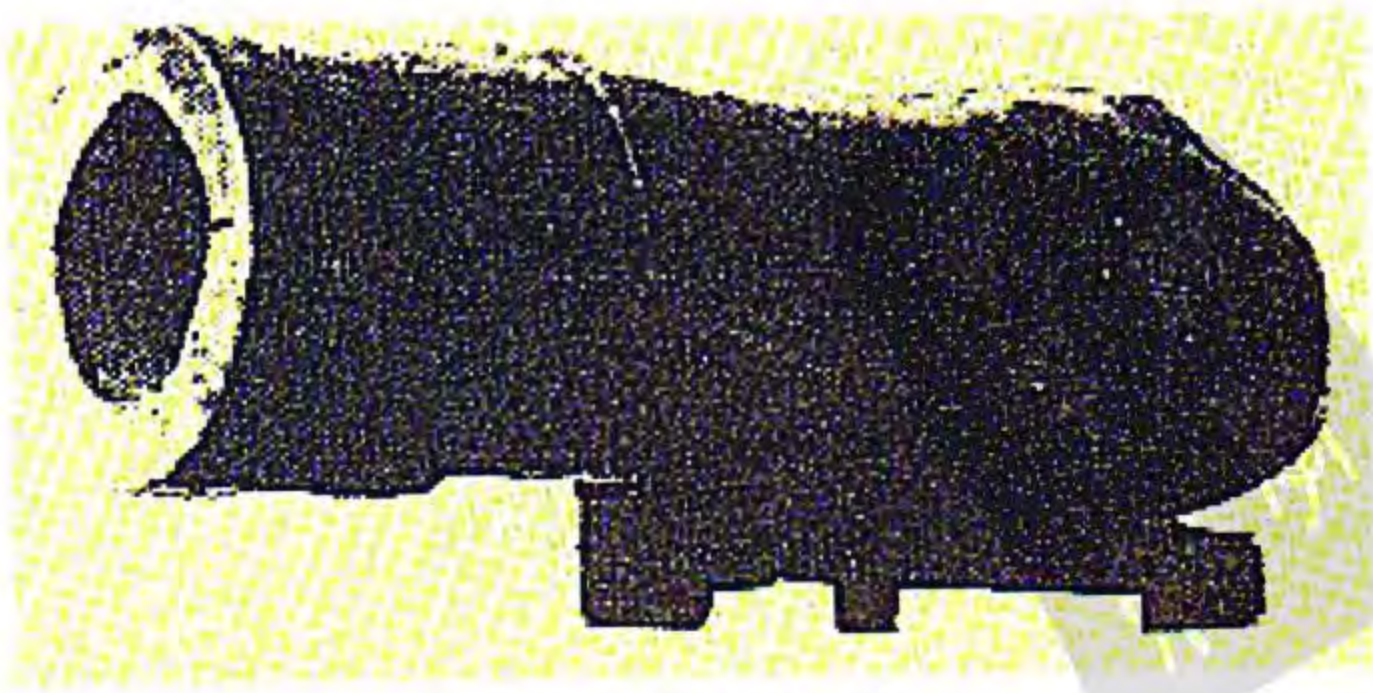


图 18-35　洪武十年大铁炮

图 18-36 虎蹲炮

明代后期制造的小型将军炮。因形似虎蹲而得名。炮身长 2 尺，重 36 斤，有五道大铁箍，口端有铁爪、铁绊，可将炮身固于地面，以免后座仰翻，一次能射上百枚小弹丸或 50 枚较大弹丸，轻巧灵便，可随军机动，既可在水网地带使用，又被戚继光编练的骑兵营作骑兵炮使用。原载《兵器考·火炮篇》。

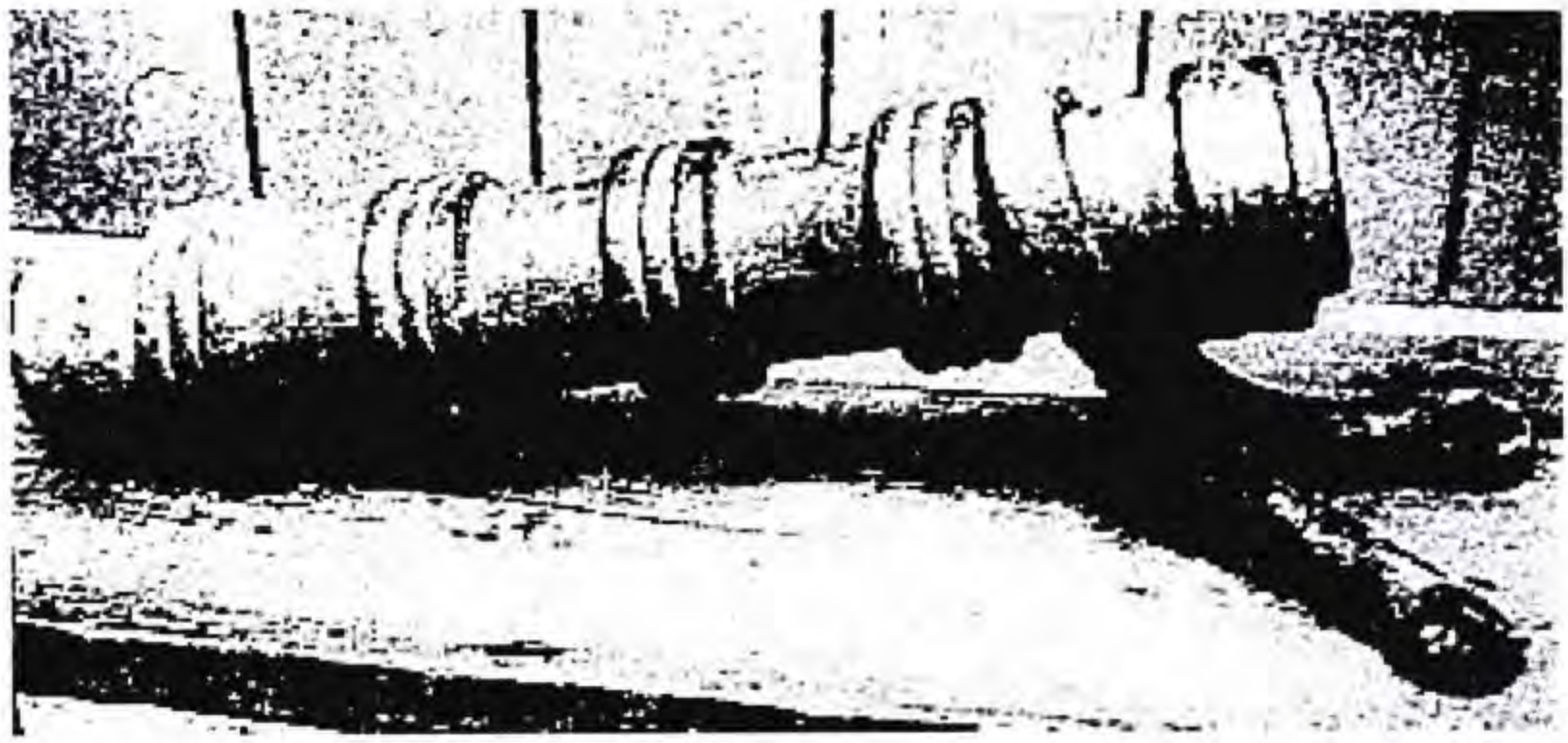


图 18-36 虎蹲炮

图 18-37 大将军炮

明代后期制造的大型铁炮。山海关城楼陈列一门，全长 1430 毫米，口径 100 毫米，安于城墙顶上作守城炮用。原载《兵器考·火炮篇》。

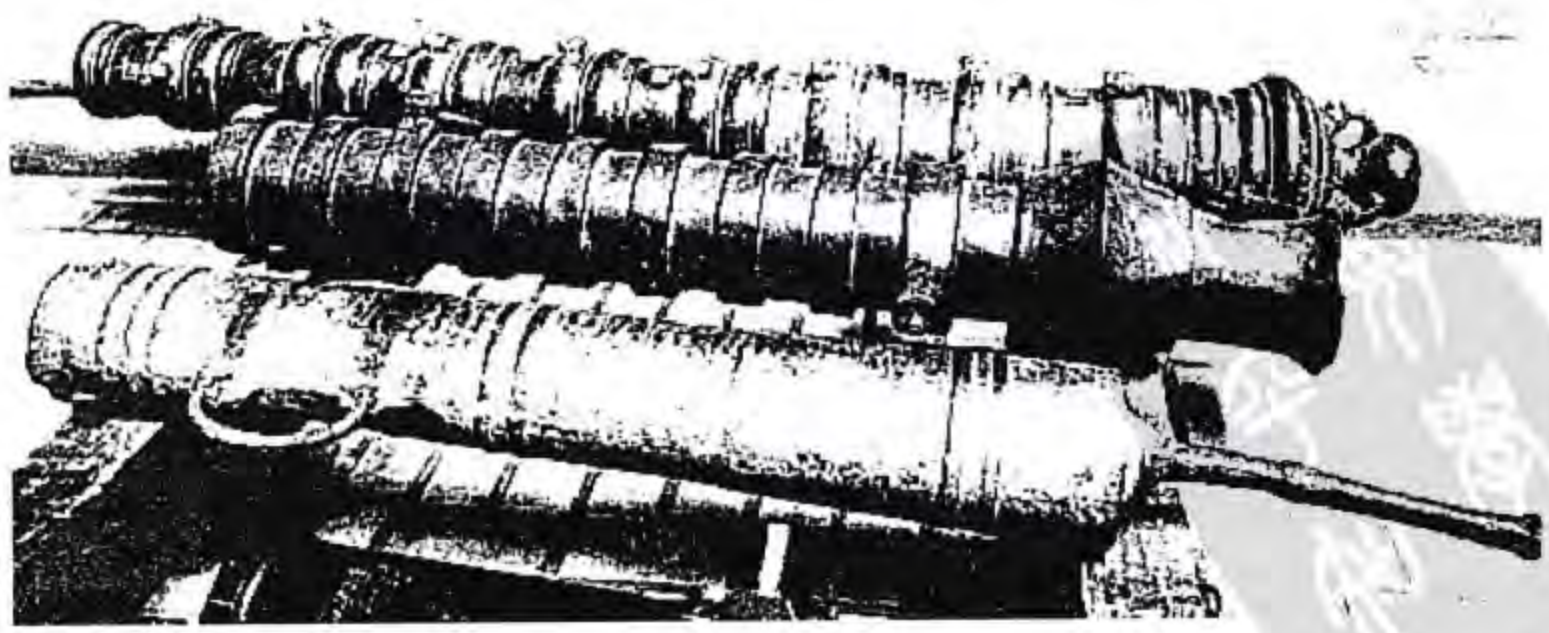


图 18-37 大将军炮

图 18-38　佛郎机

明朝嘉靖年间开始制造的火炮。原为葡萄牙舰船上装备的舰炮，大者炮身长约 2 米，后部有肩形敞口式弹仓，装置子炮，轮流发射，提高了射速。安有瞄准装置，提高了命中精度。戚继光编练的车营、水兵营和守城部队使用最多。原载《兵器考·火炮篇》。

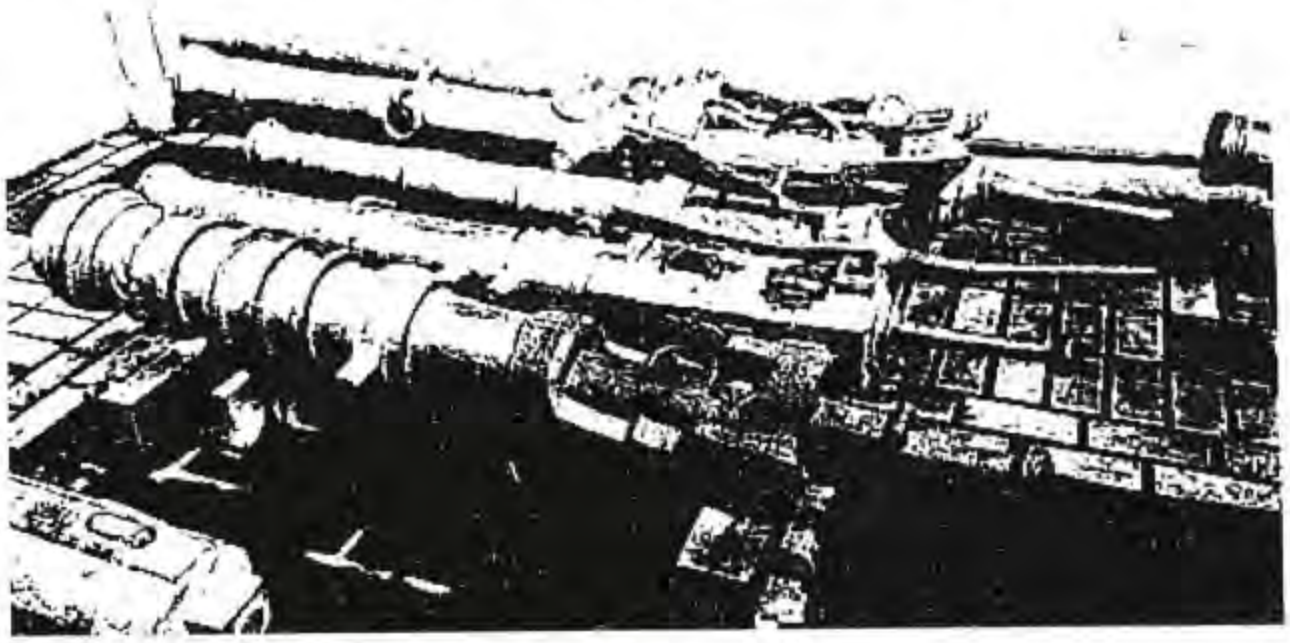


图 18-38　佛郎机

图 18-39　小样佛郎机

小型佛郎机炮。1984 年在河北抚宁县城子峪长城的敌台内被发现，有 3 件母铳、24 件子铳。母铳重 4000 克，口径 22 毫米，长 630 毫米，有铭文“胜字一千一百四十八号　嘉靖二十四年（1545）造”。尾部中空，可安木柄，每门母铳配 8 件子铳。发射时，先将子铳装好弹药，嵌入母铳内射出，射毕一发，再换一发，提高了射速。安有瞄准装置，提高了命中精度。

图 18-39　小样佛郎机

图 18-40 乾隆御用鸟枪

清乾隆年间制造的鸟枪精品。装饰华丽，由明军鸟枪演变而来。管长 1 米左右，全长约 1.5 米，口径 14 毫米，安于弯形枪托上，设有瞄准装置和支架。发射时，射手脸部右侧贴近枪托，运用“三点一线”射击原理，左手托枪，右手扣动扳机，火绳头落入药室点火，将弹丸射出。因能射中在天之鸟而被称为鸟枪。现藏北京团城演武厅。

图 18-40 乾隆御用鸟枪

图 18-41 迅雷铳

明代赵士桢创制的 5 管火绳枪。由 5 支鸟铳管平行绕柄组成。5 管尾部安于一个圆盘上，可以绕柄转动。单管长 2 尺多，共重 10 斤。发射时，射手蹲跪于地，将铳身安于架上，在前部圆屏掩护下，扣动扳机，将弹丸射出，射毕一铳，转动 72 度，再射第二铳。5 支铳管依次射毕后，再点燃木柄中的火球喷焰灼敌。最后还可倒转枪身，以尾部铁枪头刺敌，是一铳三用的兵器。原载《神器谱》。

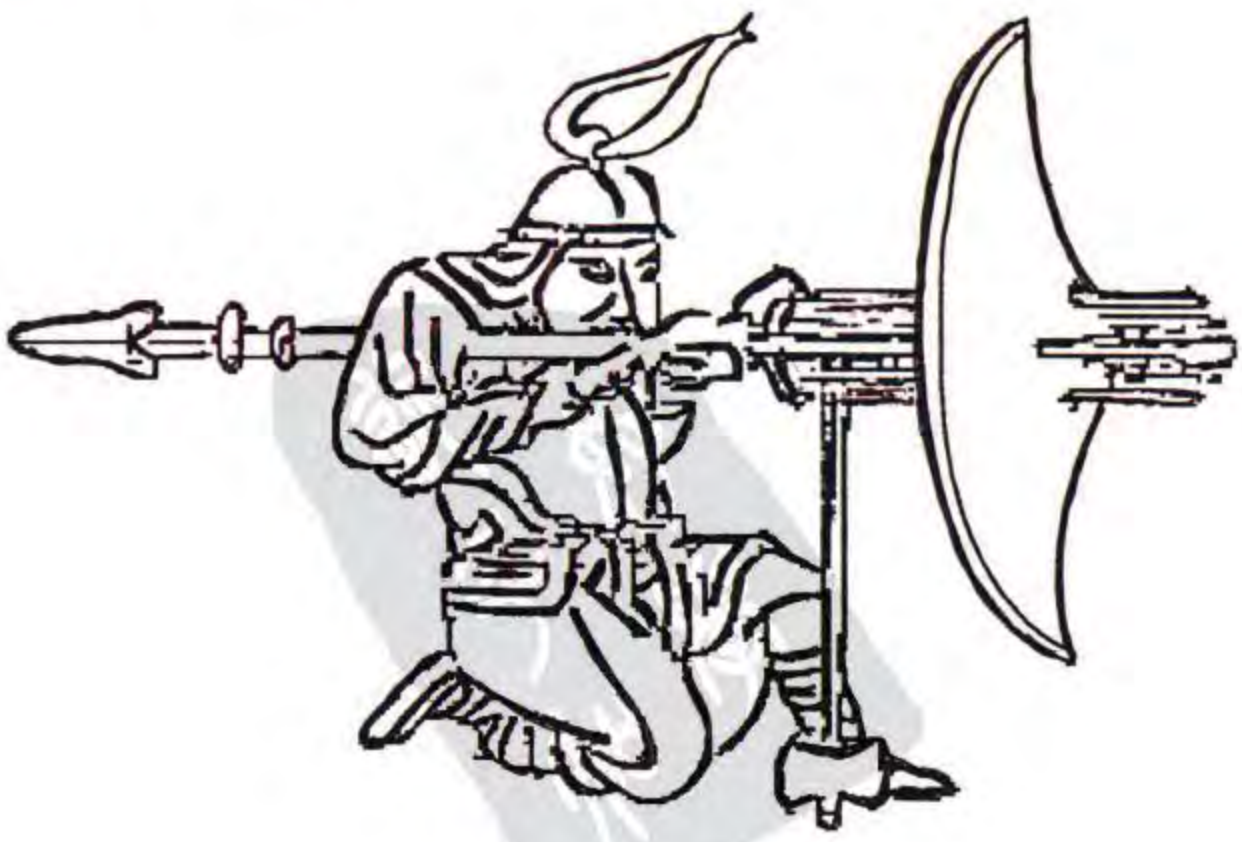


图 18-41 迅雷铳

图 18-42　红夷炮

明末清初购买和制造的大型火炮。明军称红夷炮，清军称红衣炮。北京故宫午门前广场有展品，其中有明廷官员从澳门葡萄牙当局购买的早期加农炮，是制于16世纪末的前装滑膛炮。其中一门口径125毫米，炮身其余各部均以口径为基数，按一定比例倍数设计，炮长是口径的24倍即3米。炮身有六道箍，后部两侧有炮耳，用以安于架上，有瞄准装置，提高了命中率。炮身铭文“天启二年（1622）总督两广军门胡题解红夷铁铳二十二门”。其余十几门展品，都是明末清初仿制的红夷（衣）炮。现藏北京天安门内。王涵摄。

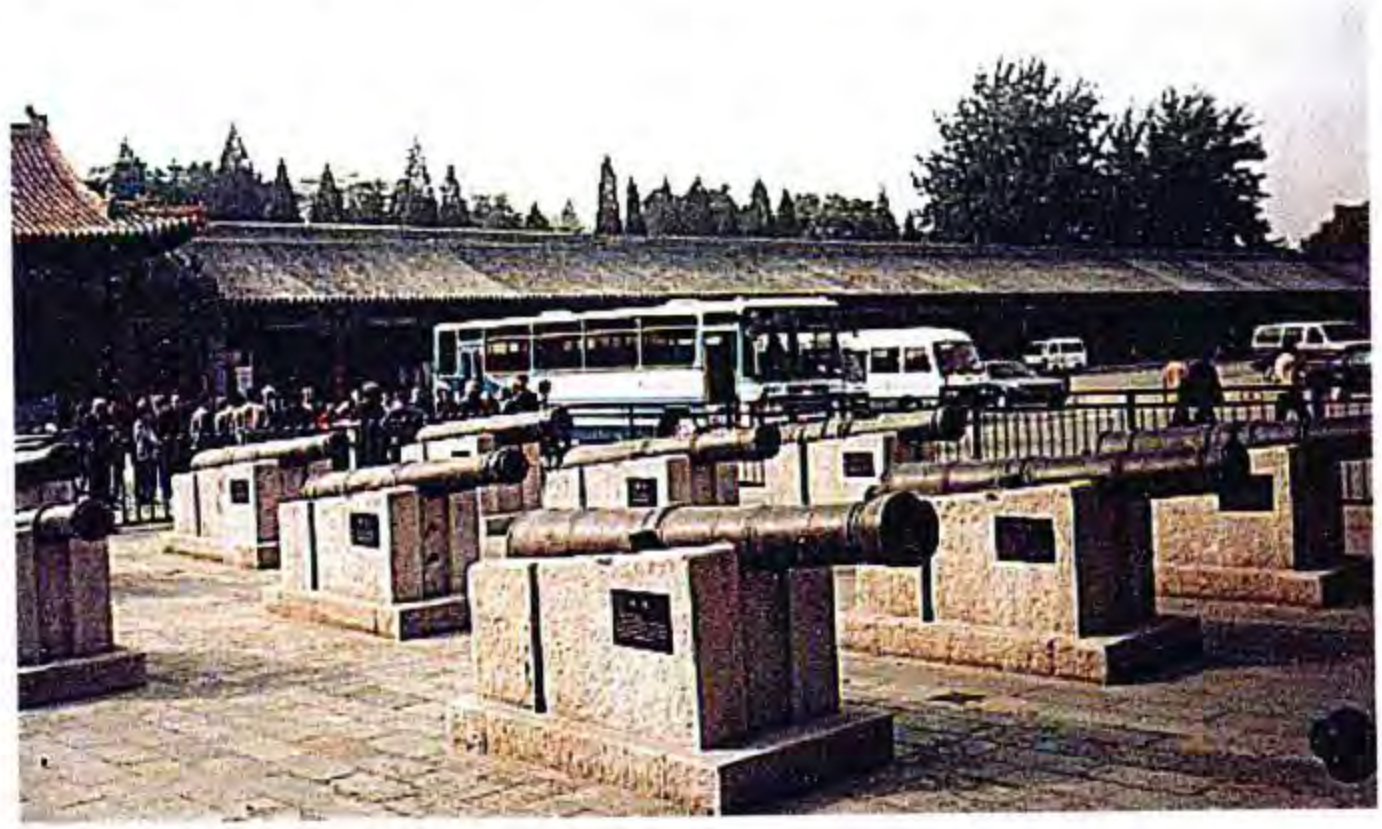


图 18-42　红夷炮

图 18-43　三飞箭

明代创制的利用火药燃气反冲力推进的单级单发火箭。箭杆长5.5尺，粗6～7分，重2斤。镞长5寸，阔8分，分别为枪、刀、剑形，能透铠甲，合称“三飞箭”。镞后绑附长7～8寸，粗2寸的火药筒，筒尾有火线通出。戚继光所部在水陆作战时，多安于架上点火发射，射程约500尺。原载《练兵实纪杂集》卷5。

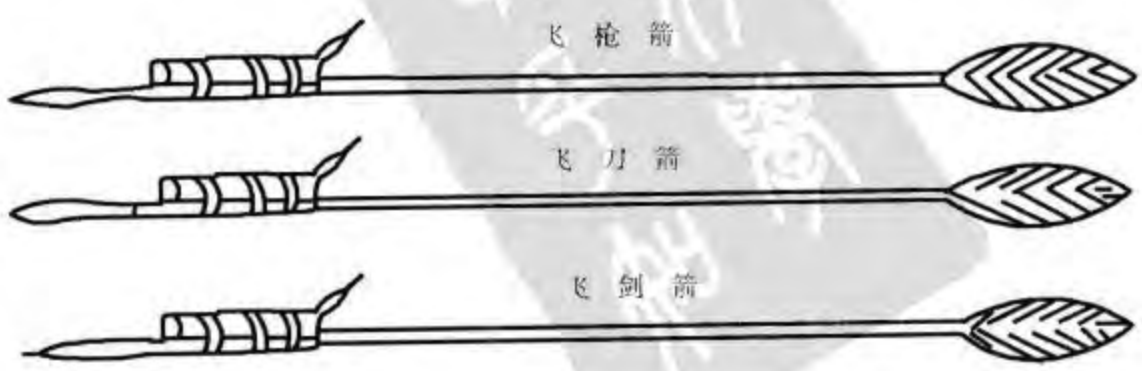


图 18-43　三飞箭

图 18-44　火龙出水

图 18-44　火龙出水

明代创制的二级火箭。由起飞火箭与战斗火箭组成。全箭成龙形，龙腹是用 5 尺长的毛竹制成的箭筒，腹内装多支战斗火箭，前后下部两侧各安 1 支起飞火箭，两者火药筒的药线相连。多用于水战。作战时，在离水面 3～4 尺处，点火发射，至 2～3 里时，起飞火箭的药线点着战斗火箭的药线，火箭从龙口飞出，焚烧敌船。原载《武备志》卷 133。

图 18-45　神火飞鸦

明代创制的多火药筒并联式鸦形火箭。鸦身用竹篾或苇草编成竹篓形，内装火药，背上钻孔，从中通出 4 根各长 1 尺多的火线，并于鸦腹下斜插的 4 支起飞火箭的火药线相连。鸦身用绵纸糊固。使用时，先点燃起飞火箭的火药筒，飞至百余丈远目标时，鸦腹内装填的火药被点燃，将目的物焚毁。原载《武备志》卷 131。

图 18-45　神火飞鸦

图 18-46　飞空沙筒

明代创制的返回式二级火箭。箭身用薄竹片制成，全长 7 尺。起飞与返回用的火药筒颠倒绑于箭身前端的两侧。前者喷口向后，其上端连接一个内装毒沙与火药的火药筒。三个火药筒的火线依次相连。作战时，先点燃起飞火箭的火药线，使火箭扎刺于敌船篷上，并引燃

战斗火箭的火线，使敌船焚烧并毒杀敌人，最后返回火箭反向推动火箭返回。原载《武备志》卷129。

图 18-47　一窝蜂火箭

明代创制的单级多发桶装式火箭。桶身口大底小，内有分层箭格板，可放32支火箭。箭镞后各附火药筒一个，并将32支火线集束一起，通出桶外。使用时，将火药线点着，32支火箭同时射出，射箭密度增大，杀伤力大为提高，射程在百步以上。原载《武备志》卷127。

图 18-48　飞天喷筒

明代制造的管形喷射火器。竹制筒身长1.5尺，粗2寸，筒外用麻绳绑固，筒后安5尺长柄，筒内分层装填火药、毒药饼，药饼两侧有通火渠槽，适当压实，依次装填五层。使用时，点燃筒中火药，可将火药饼喷至数十丈远的敌船上，将其烧毁。原载《筹海图编》卷13。

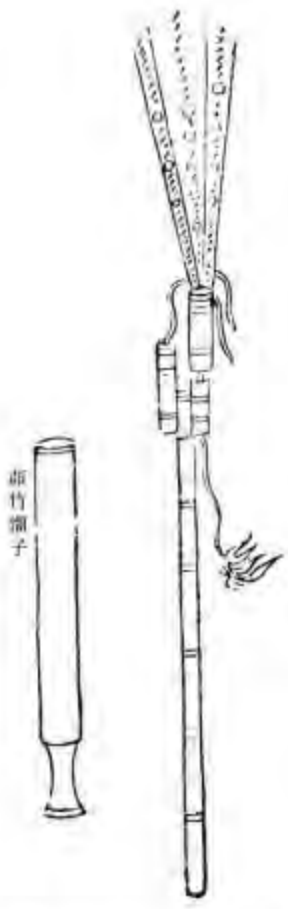


图 18-46　飞空沙筒

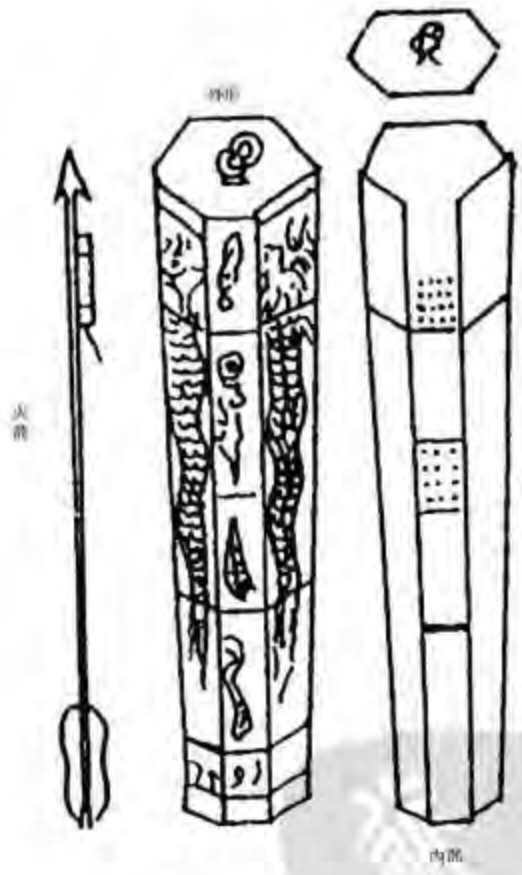


图 18-47　一窝蜂火箭

图 18-48　飞天喷筒

图 18-49　石炮

明朝长城沿线驻军常用的石制爆炸弹。炮身大小，因石而定，中间凿穴，装填火药，通火线于外，封固穴口。敌来犯时，守城士兵点着火线，将其推至敌群中爆炸，给敌以一定杀伤。造价低廉，使用普遍。现藏山海关城楼。

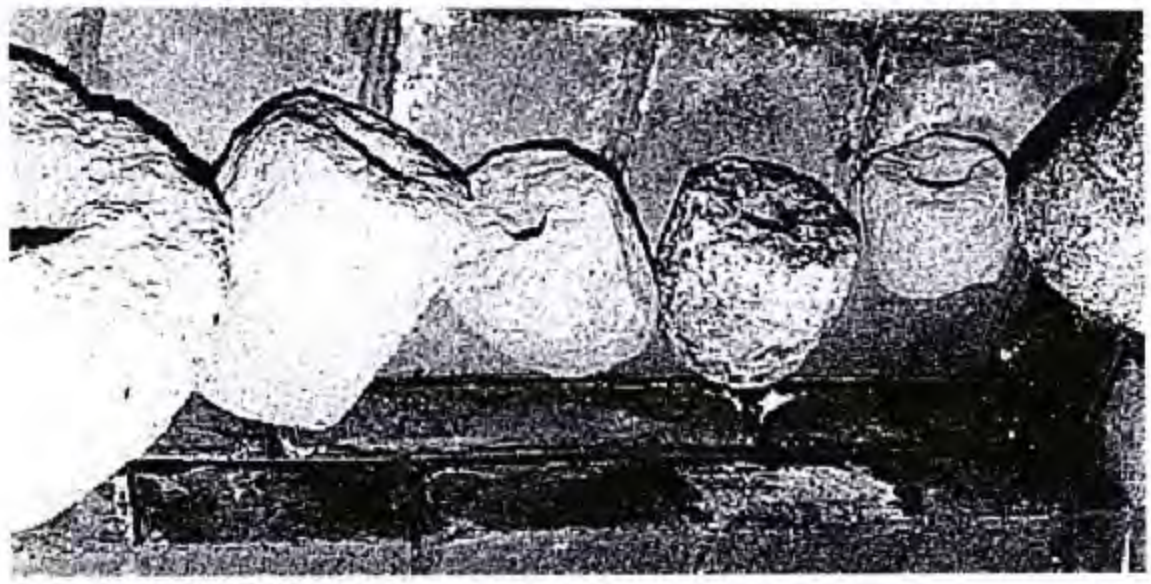


图 18-49　石炮

图 18-50　自犯炮

图 18-50　自犯炮

明代创制的石壳连环爆炸式地雷。单雷制法如石砲。使用时，将多个石砲的火药线，与引爆装置的引线间隔连环相接如链，埋于敌军必经之路，待敌军通过并触动引爆装置时，群雷依次引爆，敌军如坠雷海，遭致杀伤。原载《武备志》卷 134。

图 18-51　水底龙王炮

图 18-51　水底龙王炮

明代创制的铁壳定时爆炸球形水雷。壳重 4～6 斤，内装火药 5～6 升，雷口插一支信香，壳外用防渗牛脬浮囊包裹。囊顶连羊肠作通气管至水面的浮筏上，使香火不至窒灭。囊裹水雷固着于木排上，用石块将其悬坠水中。使用前，根据水流速度与距敌船距离选定所用信香之长短，尔后乘夜将雷漂至敌船，香烬药燃，沉毁敌船。原载《武备志》卷 133。

图 18-52　江南制造局炮厂

上海江南制造局下设的造炮分厂。该局建于清同治四年（1865），又名上海机器局，简称沪局，于光绪十七年（1891）增建炮厂。至1894年，炮厂已制造轻型火炮、速射炮、阿姆斯特朗炮、克虏伯炮等585门，供南洋和北洋大臣直属部队以及上海吴淞炮台等沿海沿江要塞使用，改善了清军的装备。

图 18-52　江南制造局炮厂

图 18-53　金陵机器局制造的火器

清同治四年（1865），清廷在金陵（今南京）兴办的兵工厂。主要制造枪炮弹和一些消耗性军工器材。同治八年开始制造轻型火炮。至光绪二十五年（1899），先后制成克虏伯炮、诺登飞炮、格林炮等多管速射炮等60多门火炮。曾在中法战争（1883～1885）中用于抗法作战。原载《中国近代工业史资料》第一辑上册。

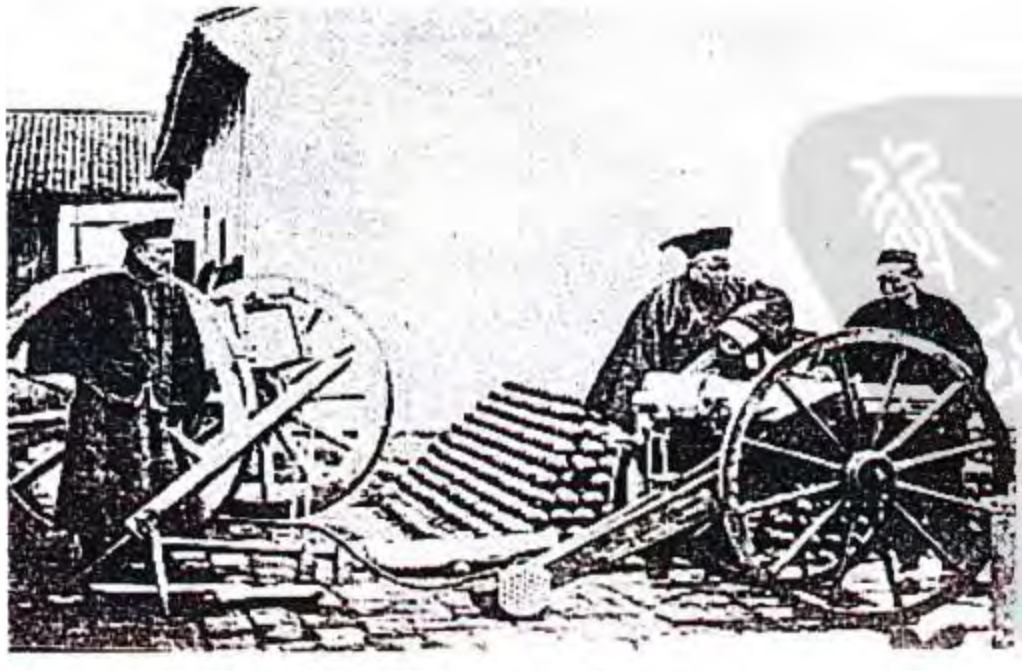


图 18-53　金陵机器局制造的火器

图 18-54　西周战车的遗存物

山东西庵出土的西周残存战车。车用四马驾引，车内左侧有 1 柄戈、1 柄钩戟、10 枚箭镞、1 领铠甲，为车左所用。右侧有 1 柄戈，为车右所用。车御居战车前部中央，反映了西周战车乘员及兵器的装备状况。

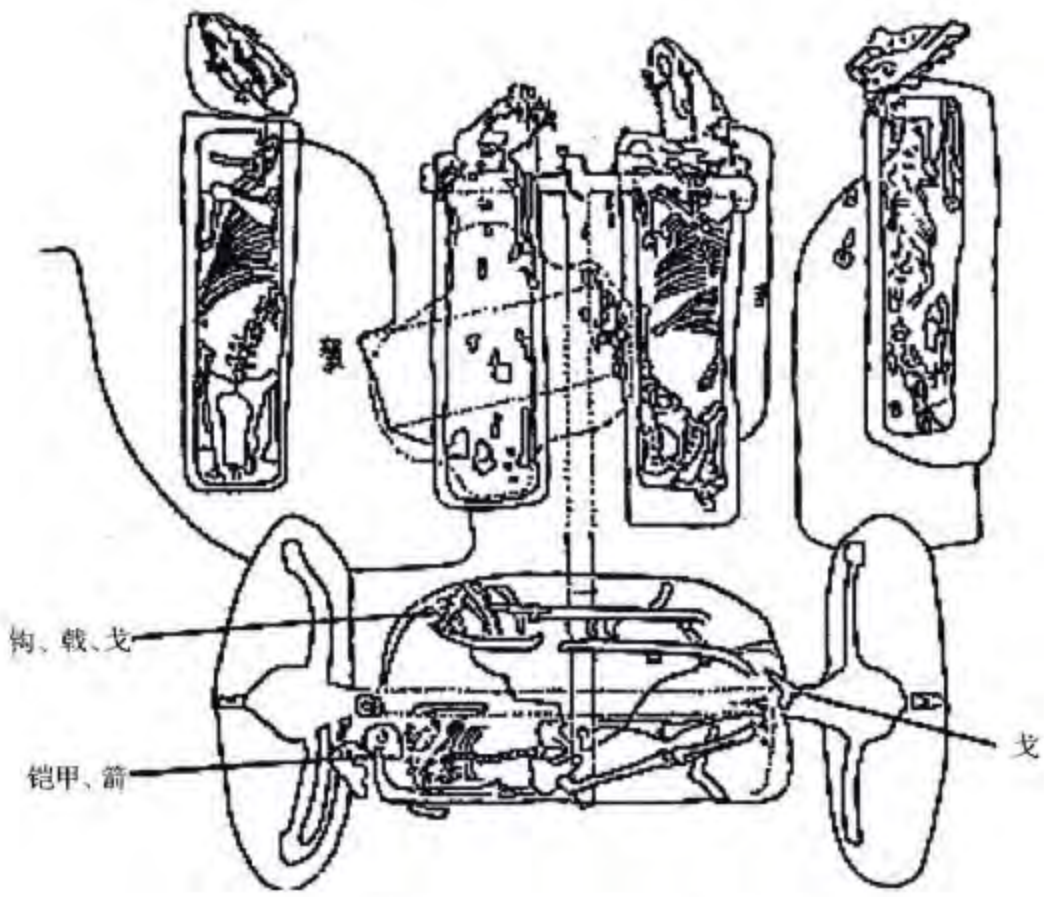


图 18-54　西周战车的遗存物

图 18-55　架火器战车

图 18-55　架火器战车

明代装备火器的战车。车长、宽、高分别为 120、52、87 厘米，一轮两脚，装备子铳 3 门、百虎齐奔火箭及长蛇神机箭 300 支。若百车上阵，火器齐发，敌不能挡，多用于抗倭作战。平地则需 2 人推挽，遇险地需 4 人推挽。原载《武备志》卷 132。图为复制模型，中国国家博物馆藏。

图 18-56　楼船

宋代以前的帅船或指挥船。《武经总要》卷 11 绘有其图，舱面上建三层楼室，两侧及船首建有女墙战格，宛如水上高城。三层楼顶安拍杆，用于拍击敌船；两侧开弩窗、矛穴。楼室外壁有毡革维护，船上备有砲车、檑石、铁汁，可以击砸、烧灼敌人。船长百步，舱面四周有宽道，可行车马，能载千余人，是古代大型战船之冠。原载《武经总要》卷 11。

图 18-57　蜈蚣船

明嘉靖四年（1525）龙江造船厂按葡萄牙式战船建造而成。船两侧安多门佛郎机炮，用 9 对桨划行，形如多足蜈蚣，故有其名。至嘉靖十三年（1534），明廷以一百五十料战船代替该船。此后不再造。原载《筹海图编》卷 13。

图 18-56　楼船

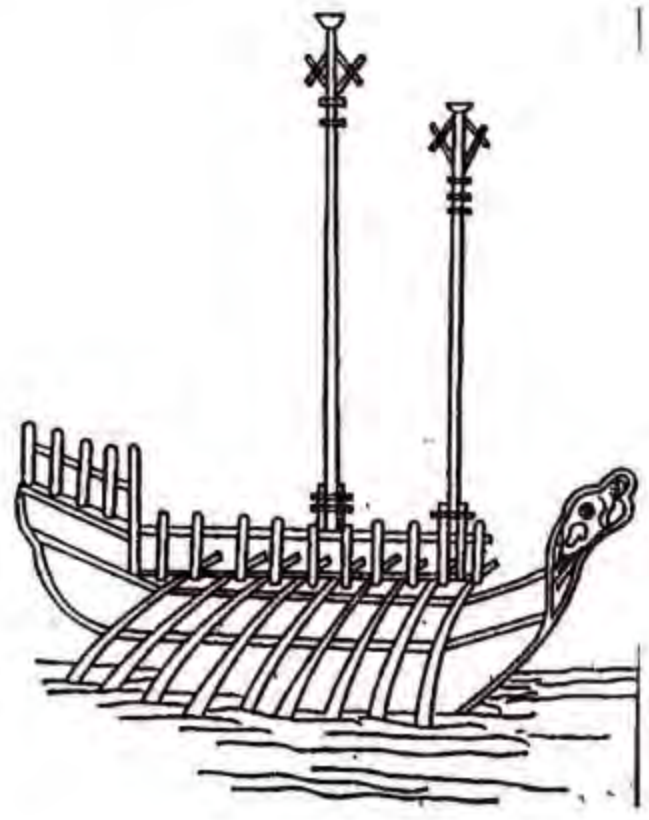


图 18-57　蜈蚣船

图 18-58　“操江”号螺轮蒸汽兵船

清同治八年（1869）上海江南制造总局建成的中国第一艘蒸汽舰。全长 180 尺，宽 27.8 尺，马力 425 匹，排水量 640 吨（一说 950 吨），航速 9 节，乘员 91 人，装备 150 毫米口径的瓦瓦斯等舰炮 8 门，采用螺旋桨推进，各项设备多系自造。建成后隶属北洋舰队。光绪二十年六月二十二日（1894 年 7 月 24 日）在向朝鲜牙山运兵途中，于次日在丰岛海面被日本舰队掳去，编入日本舰队。原载《幕末以来日本军舰图片及史实》。

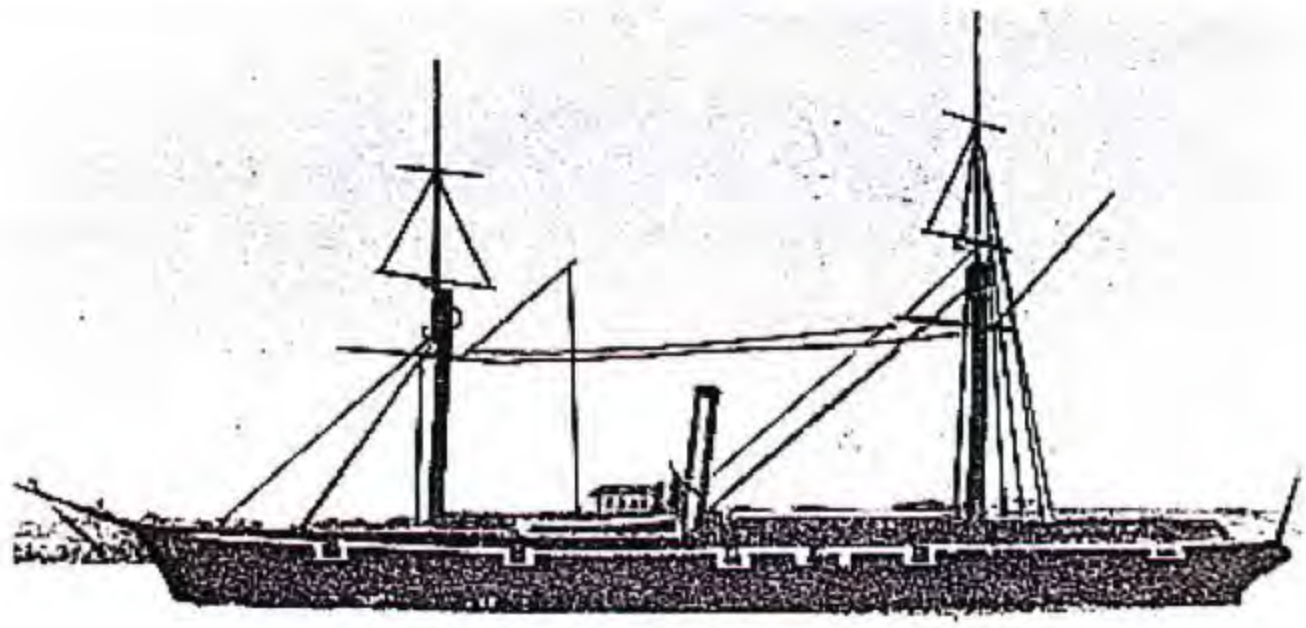


图 18-58　“操江”号螺轮蒸汽兵船

图 18-59　“平远”号钢甲巡洋舰

清光绪十三年十二月十七日（1888 年 1 月 29 日）福建船政局建成的中国第一艘钢甲巡洋舰。全长 18.3 丈，宽 36.5 尺，吃水 13.1 尺，排水量 2150 吨，马力 2400 匹，乘员 200 人，各部钢甲厚 2～6 英寸，航速 14.5 节，续航距离 8250 里，备克虏伯等火炮 24 门，鱼雷发射管 4 具，全系中国工匠制造，于光绪十六年编入北洋舰队。光绪二十年（1894）八月十八日参加了中日甲午黄海海战。原载《幕末以来日本军舰图片及史实》。

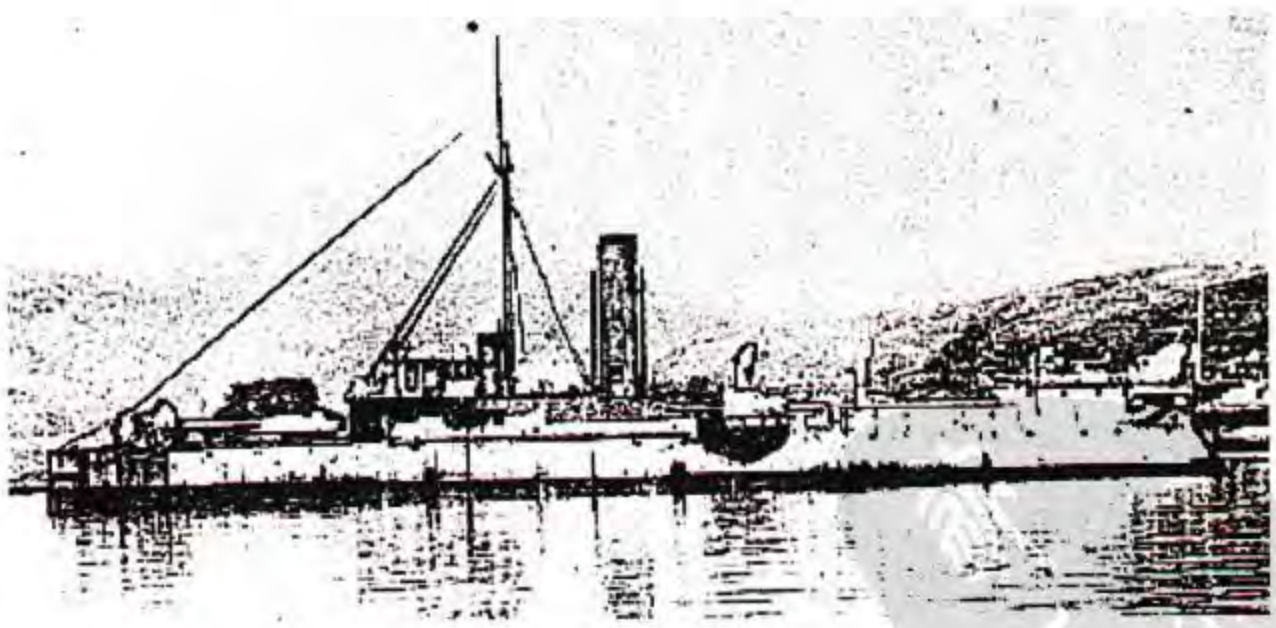


图 18-59　“平远”号钢甲巡洋舰

图 18-60　万里长城之一段

中国古代巨型军事工程体系。由绵延伸展的一道或多道城墙和一重或多重关堡，以及各种战斗设施、生活设施、报警烽燧、道路网络等组成。是一条以城墙为阵线，以关隘为支撑点，纵深梯次相贯，点线结合的带形防御体系，在冷兵器和生物动力时代，发挥过重大的军事效应。它以古（历史悠久）、长（1 万多公里）、大（规模大）、险（关隘险要）等特征，

被列为世界中古七大奇迹之一和世界文化遗产。

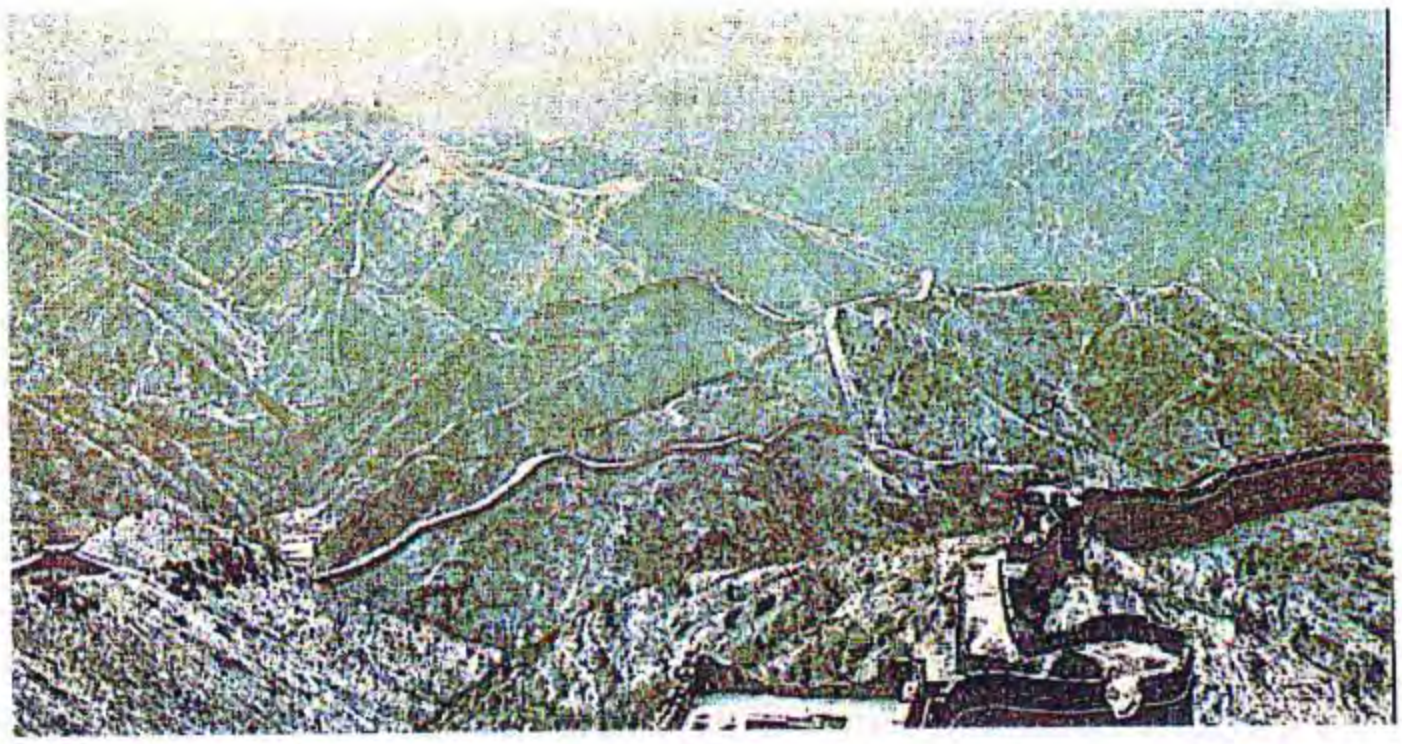


图 18-60　万里长城之一段

图 18-61　山海关

万里长城东端重要关口。又称榆关。南濒渤海，北枕燕山，由罗城、翼城、哨城及城墙、城台、城堡、敌楼、烽燧等组成完整的防御体系。隋开皇三年（583）始建榆关城，明洪武十四年（1381），大将徐达于迁明镇置关修城，更名为山海关。后又多次修缮增建、成为现今遗存。

图 18-61　山海关

图 18-62　居庸关

明万里长城最负盛名的雄关之一。位于北京昌平关沟之中，形势险要，曾有西关、蓟门关、军都关等名称，辽以后至今称现名。明洪武三年（1370），徐达修建关城。景泰二年至六年（1451～1455）又大加扩建，成为两侧高山耸立、壁峭崖陡，“南拱京师，北控朔漠”的雄关。王南飞摄。

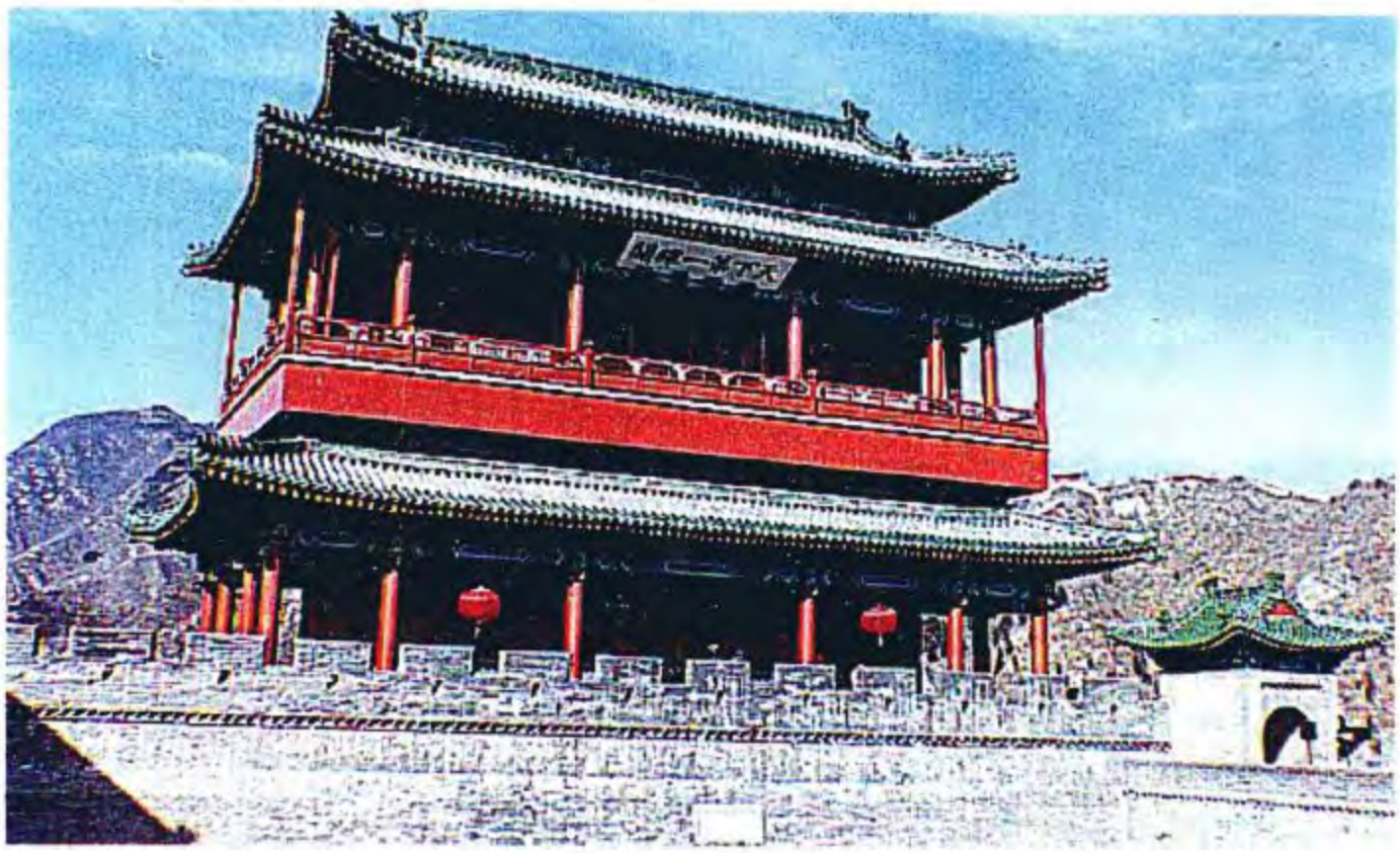


图 18-62　居庸关

图 18-63　嘉峪关

明万里长城西端的重要关城。位于甘肃嘉峪关市西，是河西走廊的西端咽喉。明洪武五年（1372）始建关城，至嘉靖十八年（1539）扩建成完备城防，由关城、城台、墩台、城墙组成。

图 18-63　嘉峪关

图 18-64　望京楼

建筑在金山岭长城上的一座敌台。金山岭长城位于北京密云县与河北滦平县交界的燕山支脉处，蓟镇总兵戚继光于明隆庆年间（1567～1572），命部下在金山岭的砖垛口与沙岭口之间的山峰上建库房楼，其中望京楼耸立在库房楼东端的山峰上，因在楼上可遥望北京的灯火而被命名为“望京楼”。其东山势险要，与其他敌楼遥相呼应，拱卫京师。王南飞摄。

图 18-64　望京楼

图 18-65　金川地区的石碉群

清乾隆年间聚居于四川金川县东地区少数民族，用山石建筑的众多碉楼。建于山险隘口，高低不一，最高的有 15～16 丈，四壁开望孔、射眼，有的顶部有洞口，内可储粮食、饮水，周围有深沟、护墙。有的还有地坑、地窖，从窖旁开洞出入。各石碉交叉建筑，互为犄角，在石碉群外筑有石砌墙垣。这类石碉能攻、能守、能防，是少数民族军事筑城技术的代表作。

图 18-65　金川地区的石碉群

图 18-66　南京城中华门（原名聚宝门）

明洪武年间所建南京城正南面的城门。东西宽 128 米，南北深 129 米，墙高 21.5 米，以外秦淮河为护城河，内秦淮河为内堑，门内建三道瓮城、四通城门、两条登城礓磋与一条坡道，其中所建筑的 27 个藏兵洞，共可藏兵 2000 多人，每道瓮城门上都建有敌楼，成为依托坚城而建的多种永备工事结合体，战时可厚集兵力，构成坚固防御阵地。从城门两侧向外延伸，每隔 150 米建敌台一座，构成辅助防御阵地，全城构成完整的城防体系。

图 18-66　南京城中华门（原名聚宝门）

图 18-67　蓬莱水城

明代的海防要塞。位于蓬莱县西北。明初在原为北宋“刀鱼寨”的旧址上建成水军基地。嘉靖三十二年（1553），山东备倭署都指挥佥事戚继光驻镇于此，对水城进行扩建。万历二十四年（1596），用砖石包砌墙体，扩建成水城，由城墙、水门、小海、炮台、敌台、平浪台、码头、灯楼、防浪坝和蓬莱阁构成，成为坚固的海岸防御阵地，至今仍壮伟依旧。

图 18-67　蓬莱水城

图 18-68　旅顺军港

清光绪六年至二十年（1880～1894）在旅顺建筑的海军基地，是北洋水师的军港。由船坞、舰船修理厂、仓库、营房和10多处炮台群组成，共配海岸炮63门。其侧背群山之间，还建有多处炮台群及长墙，共配炮80门，控扼金州至旅顺的大道。

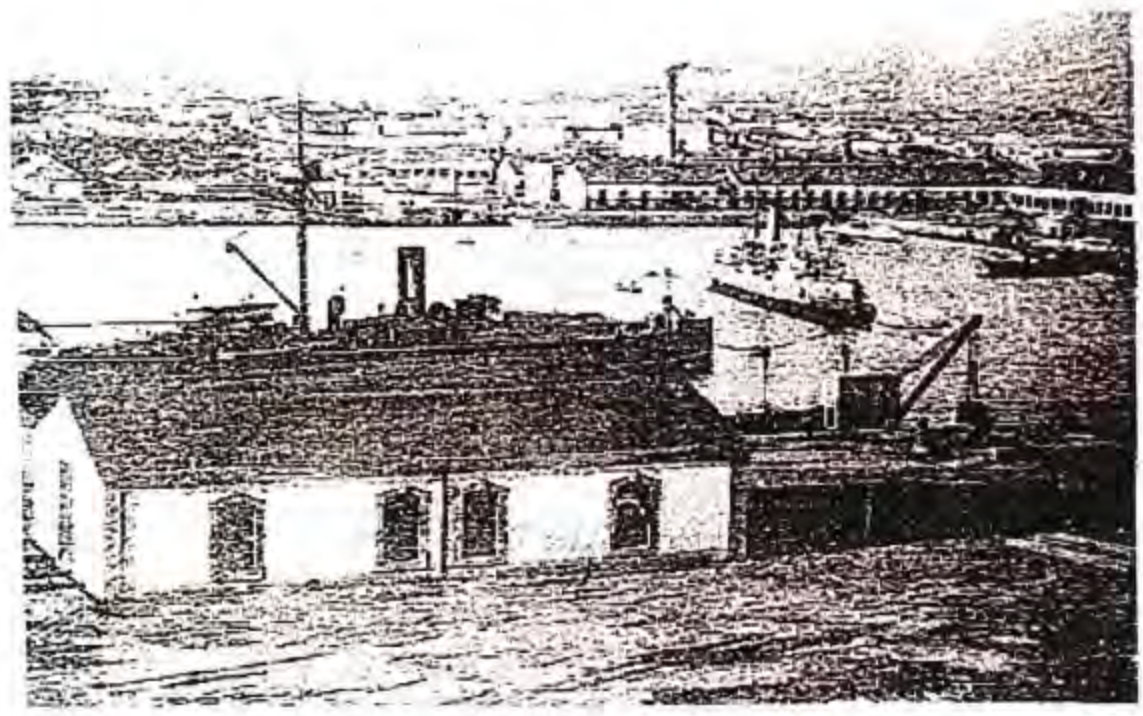


图 18-68　旅顺军港

图 18-69　大连和尚岛炮台内部

清光绪年间与旅顺同时建筑的海岸要塞。建有和尚岛东、中、西三处炮台，以及老龙头、黄山、徐家山三处炮台，共配置克虏伯等海岸炮22门。其中有一部分是安置于地阱中的隐式炮架上，平时炮架低于地阱的胸墙，使火炮隐蔽其中，敌人来犯时，炮身随炮架升至地阱之上，轰击敌人。

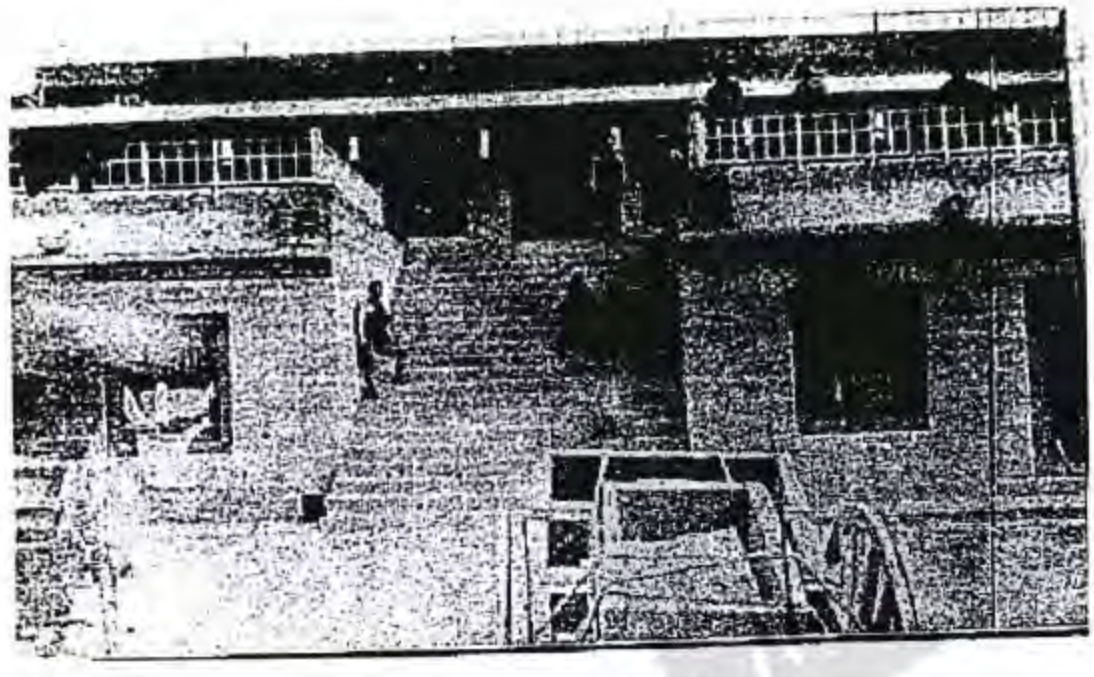


图 18-69　大连和尚岛炮台内部

第十九章　西学东渐

西方科学在中国的传播从明末到清末，延续了300余年之久。学术界通常称之为“西学东渐”。300余年的西学东渐，大致可以划分为两个大的阶段。从天主教传教士来中国传教的明末到清代中叶，是第一阶段。这一时期，主要以传教士特别是耶稣会士为媒介，传入的知识以天文学、数学、地理学为主，兼及少量的物理学、医药学、生物学知识等。其中，在中国产生较大影响的是天文学和数学。西方天文学的传入，彻底改变了中国历法的计算方法，逐步改进了观测手段，在科学和文化领域产生了广泛的影响。西方数学的传入，引起了清代数学研究的兴起和宋元古算书的重新发现和释读，促成了清代数学的繁荣。

然而，在明末清初西方科学传入中国之时，尽管中国科学出现了较大的进步和发展，却并没有跟上西方科学的步伐。相反，同一时期西方科学革命的主要成果，并没有为中国科学界所了解。特别是18世纪实行禁教和禁海之后，更是使西方科学传入中国的渠道濒临中断，因此，在康熙皇帝逝世以后的一个世纪，国人可资利用的科学资源就只有以他名义“御制”的《律历渊源》和重新发现的中国科学经典等，所以他们的“科学研究”也就只能在所谓“会通中西”的轨道上缓慢游走。

19世纪中叶，随着西方列强对中国的入侵，西方科学再一次进入中国的时候，西学东渐才得以延续，并进入一个新的时期。这一阶段持续到19世纪末20世纪初。此后，随着中国废除科举，推行新的教育制度，中国的科学和教育进入了一个新的时期，则非“西学东渐”所能概括了。

清末的西学东渐，始自鸦片战争前后，起初也源于传教士的灌输。自强运动兴起以后，清政府站到主动地位，先是建成了几个机器制造局、船政局，后来陆续开办了一些新式学堂，并向欧美派遣了少量的留学生，组织翻译了一些科技书籍。但在这些事业中，在华西人（包括传教士），仍然发挥着重要作用，甚至是关键性的作用。其间，西学东渐的规模有所扩大，但进展并不迅速，进步并不大。特别是在科技人才的培养上，作为不多，成效有限。由于缺乏专门科技人才和外语人才，从利玛窦开始翻译《几何原本》时采用由外国人口译、中国人笔述的译述方法，一直沿用到19世纪末。如果把清末的西学东渐与我们的东邻日本引入近代科学的历史相比，更是相形见绌。

前后两个时期的西学东渐，其间虽然有差异，有间断，但从总体上也可以大致视为一个连续的进程。具体说来，明末清初的西学东渐和清末的西学东渐，都以西方人士为主导，也都以翻译西方科学著作为主要的输入手段，但前者以耶稣会士为主，后者以新教传教士为主。相比之下，那些耶稣会士的科学造诣要比新教传教士为高。虽然，清末在上海徐家汇观象台等外国人主持的科研机构中也有一些职业的科学家，但他们只是在中国的土地上从事科研的外国科学家，在科学知识的传播上作用甚微。尽管派出了少量的留学生，但他们大都学习专门技术，只有极少数以科学为专业。因此，直到19世纪末，中国人对西方科学传统和科学建制还是所知甚少的。

西学东渐的300余年，正是西方科学大发展的300年。16～18世纪，在基础自然科学

的各个领域相继发生了革命性的变革，形成了近代科学，逐步出现了职业科学家和专门的科研机构。伴随着科学革命的深入与发展，从18世纪上半叶开始，欧洲又发生了以蒸汽机的广泛利用为中心的工业技术革命，科学和技术之间的联系日益密切。到19世纪，随着钢铁工业、电气技术以及化学工业等新兴工业的迅猛发展，科学技术改变了人们的生活面貌，影响到人类生活的各个方面，以至于19世纪被人们称为“科学的世纪”。在这期间，中西科学技术的差距也由于不同的发展道路而逐渐扩大。从鸦片战争以来被动挨打的历史中，国人意识到科学技术的重要性，但截至清末，中国的科学技术的发展仍然是曲折而缓慢的。

图 19-1　利玛窦像

利玛窦（Matteo Ricci，1552～1610）意大利耶稣会士。1582年8月，利玛窦来到澳门。1583年9月，他来到肇庆。又先后在南昌、南京、北京等地传教。1610年在北京去世。他译著有《坤舆万国地图》、《天主实义》等，并与徐光启翻译《几何原本》前6卷，是明末传播西方科学的第一位著名传教士。他还著有《基督教远征中国史》，向欧洲介绍中国文化，引起了很大的轰动。

图 19-1　利玛窦像

图 19-2　徐光启像

徐光启（1562～1633），字子先，号玄扈，上海人。20岁中秀才，36岁中举人。他从见到世界地图而知有利玛窦，1600年春在南京拜会过利玛窦后非常佩服，1603年受洗加入了天主教。1604年中进士，曾任礼部尚书兼东阁大学士、文渊阁大学士。翻译《几何原本》等，主持编撰《崇祯历书》和《农政全书》等，后人编有《徐光启集》等。

图 19-3　《几何原本》徐光启序手迹

利玛窦和徐光启在中国科学史上最重要的贡献是他们合作翻译了欧几里得《几何原本》。《原本》是一部具有严密演绎体系的数学著作，成书于希腊文明的亚历山大里亚时期。它是西方科学史上经典中的经典。从 1606 年秋至 1607 年春，利玛窦和徐光启合作，三易其稿，翻译完成《原本》前 6 卷，并于同年出版，定名为《几何原本》，这是明末翻译的最重要的科学著作之一。

图 19-2　徐光启像

图 19-3　《几何原本》徐光启序手迹

图 19-4　《坤舆万国全图》

1584 年利玛窦到广东肇庆后，编译了一份《山海舆地图》，引起很多人的极大兴趣。后来，1599 年在南京，1602 年在北京，利玛窦两次修订旧图，扩充内容。后一幅称为《坤舆万国全图》，宽 361 厘米，高 171 厘米，印数达几千幅。利玛窦的世界地图把当时最新、最高水平的地理知识传入中国，是第一幅名副其实的中文世界地图。它介绍了地球学说和“五大洲”的概念，翻译了一批地名和地理学术语，还介绍了经度概念。地球寒、温、热带的划分，也是通过他的介绍才为中国人所了解的。《坤舆万国全图》是利玛窦在中国绘制的 12 种地图之一，万历三十年（1602）增订南京吴中明刻本，李之藻在北京刻板。现藏南京博物院的此图为北京李之藻刻图的彩色摹本。这是中国地图学史上第一幅吸收欧洲地理学界发现新大陆成果的较为完整的世界地图。

图19-4 《坤舆万国全图》

图 19-5 李之藻像

图 19-5 李之藻像

李之藻（1566～1630）在西学东渐史上与徐光启齐名。1601 年利玛窦居京后不久，李之藻与他相识。次年，他雇工刊刻了利玛窦修订的《坤舆万国全图》，并编成解说此图的《乾坤体义》（1605 年刊印）。他编译有《同文算指》（1614）、《寰有诠》和《名理探》等。晚年编辑西学丛书《天学初函》，流传很广，对西学的传播具有重要意义。

图 19-6 李之藻翻译《寰有诠》

李之藻与葡萄牙来华传教士傅汎际（Francois Furtado，1587～1653）历时两年译成《寰有诠》，是一部具有欧洲中世纪风格的宇宙学著作，据亚里士多德《论天》的注释本翻译。该书是明清之际唯一的一部宇宙学译著。全书共六卷，1628 年刊印。

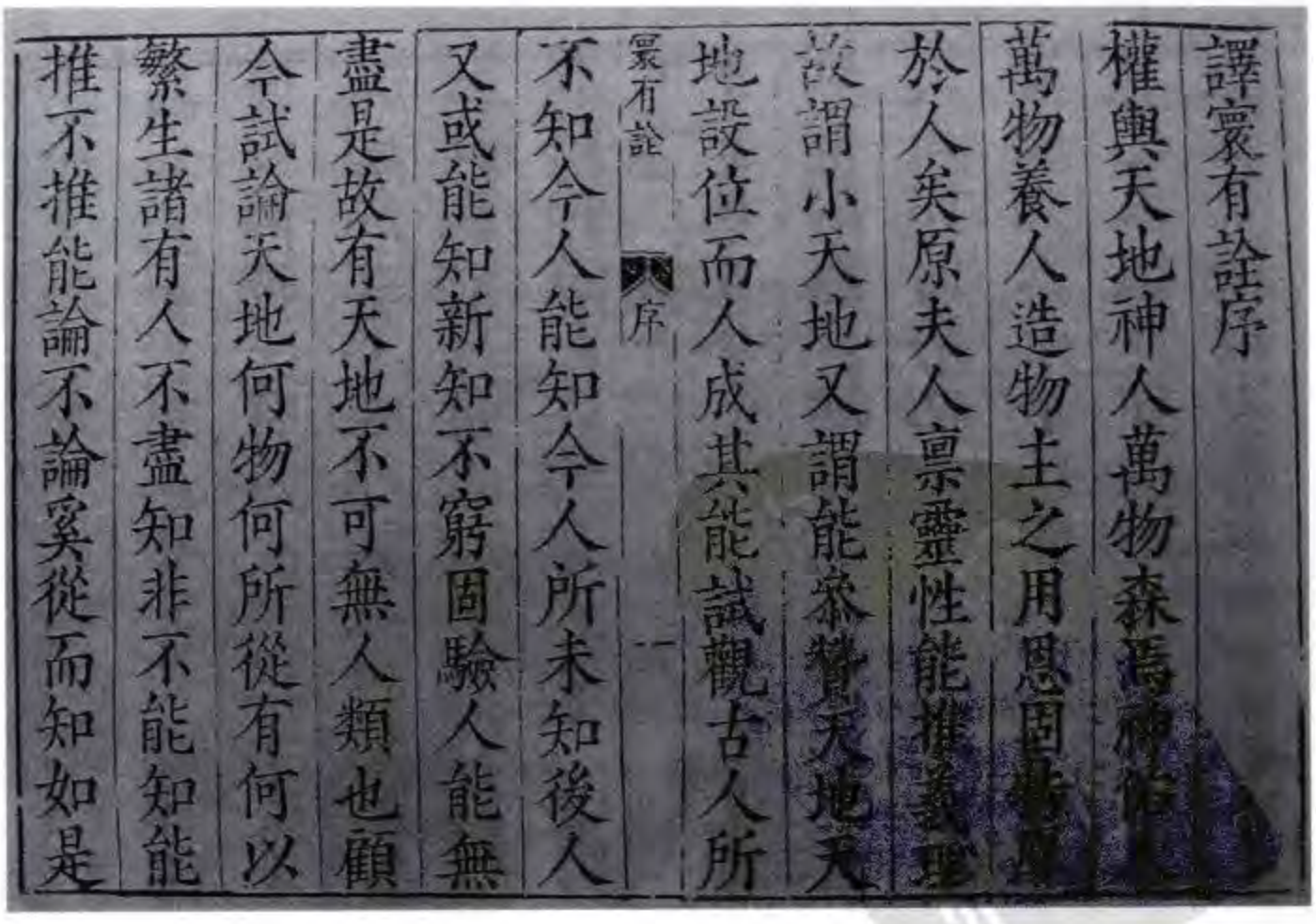

譯寰有詮序
權輿天地神人萬物森焉神能
萬物養人造物主之用恩固
於人矣原夫人稟靈性能推義理
故謂小天地又謂能衆體天地天
地設位而人成其能試觀古人所
寰有詮 序 一
不知今人能知今人所未知後人
又或能知新知不窮固驗人能無
盡是故有天地不可無人類也顧
今試論天地何物何所從有何以
繁生諸有人不盡知非不能知能
推不推能論不論奚從而知如是

图 19-6 李之藻翻译的《寰有诠》书影

图 19-7　王徵像

王徵（1571～1644），字良甫，号葵心，晚号了一道人，陕西泾阳人。52 岁中进士，曾任直隶广平府（今河北永年县东南）、扬州府官和山东按察司。翻译和编著有《远西奇器图说》和《新制诸器图说》等。

图 19-7　王徵像

图 19-8　《远西奇器图说录最》“取水第一图”

王徵与来华耶稣会士邓玉函（Johannes Schreck，1576～1630）选取对民生日用和国家所需之“最切要者”的西洋奇器等翻译为《远西奇器图说录最》（简称《远西奇器图说》，1627 年），是第一部介绍西方机械和力学知识的译著，这部译著的体例十分新颖，是一部充满近代气息的著作。

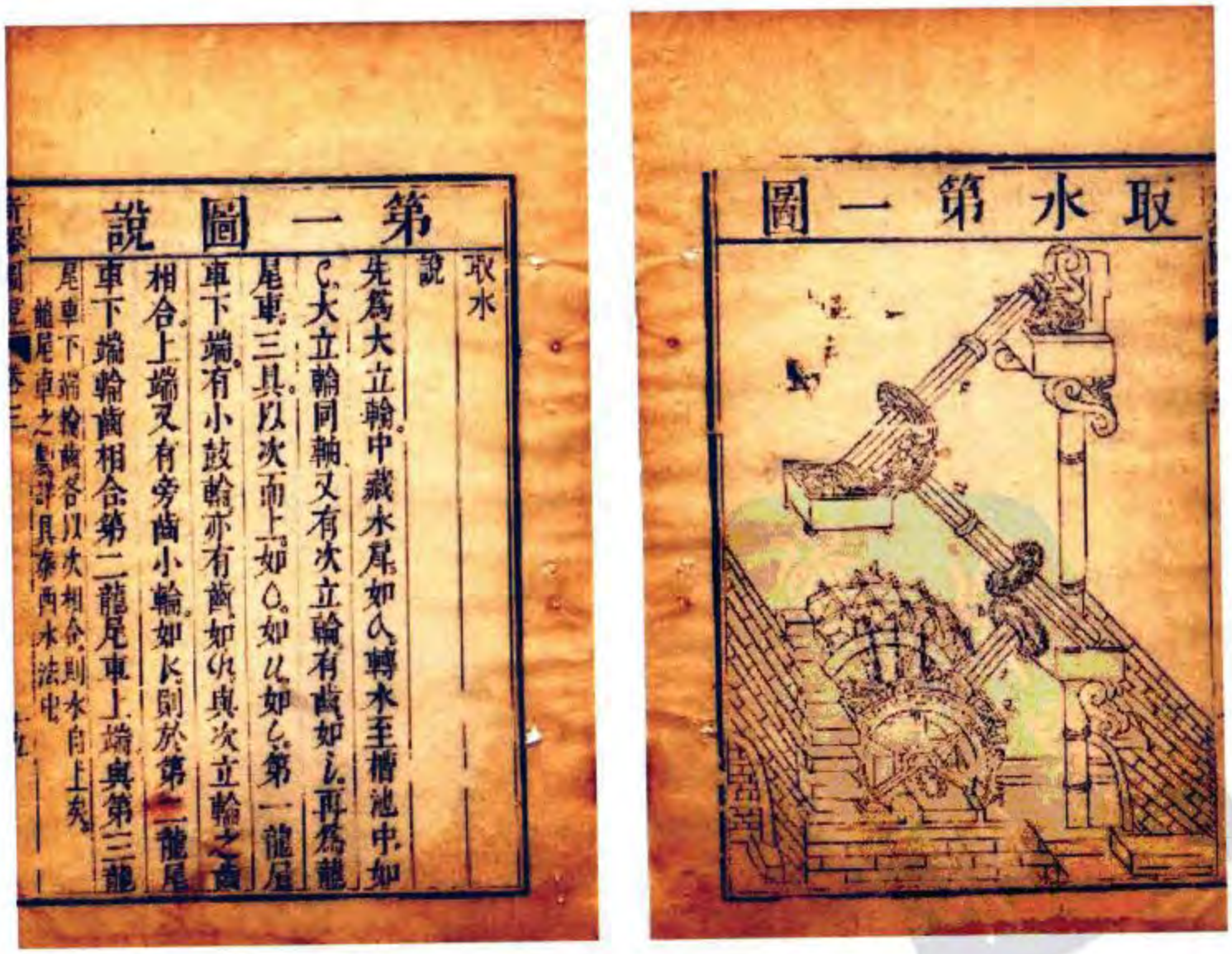


图 19-8　《远西奇器图说录最》“取水第一图”

图 19-9 康熙朝武成永固大将军炮

明清之际，在清军统一中国、平定三藩之乱等战斗中，以红衣炮为代表的西洋火炮，起到了非常关键的作用。故清初特别重视火炮制造。此炮为南怀仁设计，1689 年制造，是前装式火炮。尾端有满汉文铭："大清康熙二十八年铸造，武成永固大将军炮。用药十斤，生铁炮子二十斤。星高六分三厘。制法官南怀仁、监造官佛保、硕思泰，作官王之臣，匠役李文德、颜四。"

图 19-9 康熙朝武成永固大将军炮

图 19-10 《崇祯历书》书影

在明朝末年，耶稣会传教士最重要的科学活动是参与历法改革，其中最重要的工作是《崇祯历书》的编译。编撰工作自 1629 年开始，由徐光启主持，邓玉函、罗雅谷、汤若望等耶稣会士参加，徐光启去世后，由李天经续成，共约 110 卷。《崇祯历书》的编译是我国历法史上一次全面的革新，使中国天文学从传统向近代迈进了一大步，奠定了我国此后 300 年的天文历法的基础，具有划时代的意义。

图 19-10 《崇祯历书》书影

图 19-11　汤若望像

汤若望（Johann Adam Schall von Bell，1591～1666），来华耶稣会士。生于科隆，1611 年加入耶稣会，1620 年到达澳门。协助徐光启编修《崇祯历书》，并受命制造火炮。1644 年清兵入关后，汤若望将《崇祯历书》改编为《西洋新法历书》获准颁行，深获多尔衮和顺治帝的宠信。1664 年因“历狱”被判死刑，次年被赦免，不久去世。

图 19-11　汤若望像

图 19-12　汤若望进献的新法地平日晷

晷盘长 23.1 厘米，宽 14.7 厘米，通高 17 厘米。银镀金质。顺治元年（1644）汤若望制。日晷中间刻“新法地平日晷”六字，并有“顺治元年七月吉日恭进修政历法远臣汤若望制”铭文。此日晷改中国一日百刻和等分刻度法为一日九十六度。这是汤若望利用西洋新法获取清廷信任的一件物证。现藏故宫博物院。

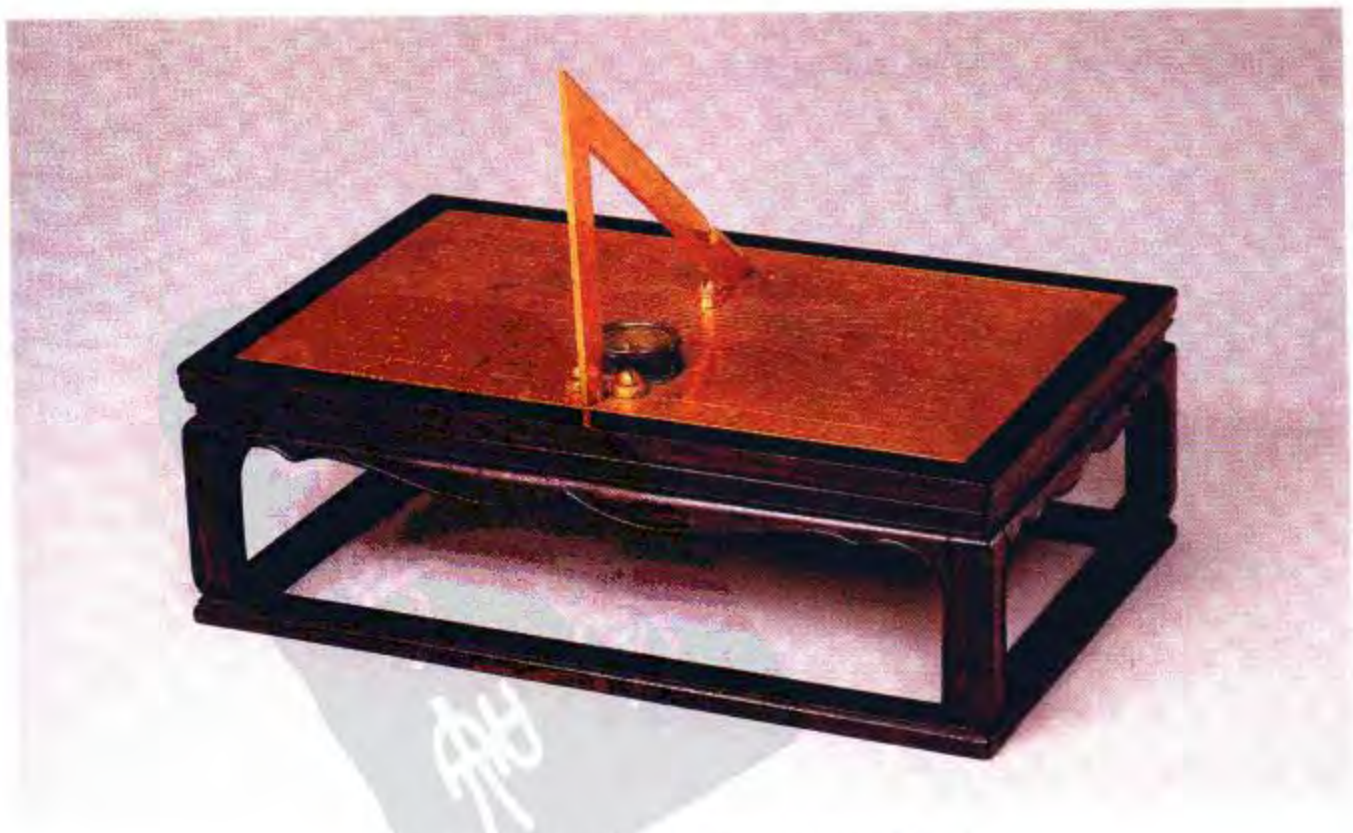


图 19-12　汤若望进献的新法地平日晷

图 19-13　耶稣会刊印的康熙赐祭汤若望文（局部）

1664 年杨光先控告汤若望等人刻传妖书，密谋造反。次年汤若望和李祖白等五名钦天监官员被判凌迟处死，另五人被判斩立决；其他传教士南怀仁等被判充军，各省传教士押往广州，宣布禁教，同时废除新历，恢复旧历。此即著名的“历狱”。1665 年，汤若望被免死，次年抑郁而终。1669 年康熙亲政后不久即平反历狱，为汤若望恢复名誉。此为耶稣会士刊刻的康熙赐祭汤若望文的一页。

图 19-14　南怀仁像

比利时人南怀仁（Ferdinand Verbiest，1623～1688）是继利玛窦、汤若望之后最著名的耶稣会士。他 18 岁入耶稣会，1659 年抵澳门，后被聘为汤若望的助手。历狱平反后，重入钦天监，负责制造新的天文仪器，不久被授官“治理历法”。在平定三藩之乱时，南怀仁为清军监制西洋大炮。著有《灵台仪象志》等。

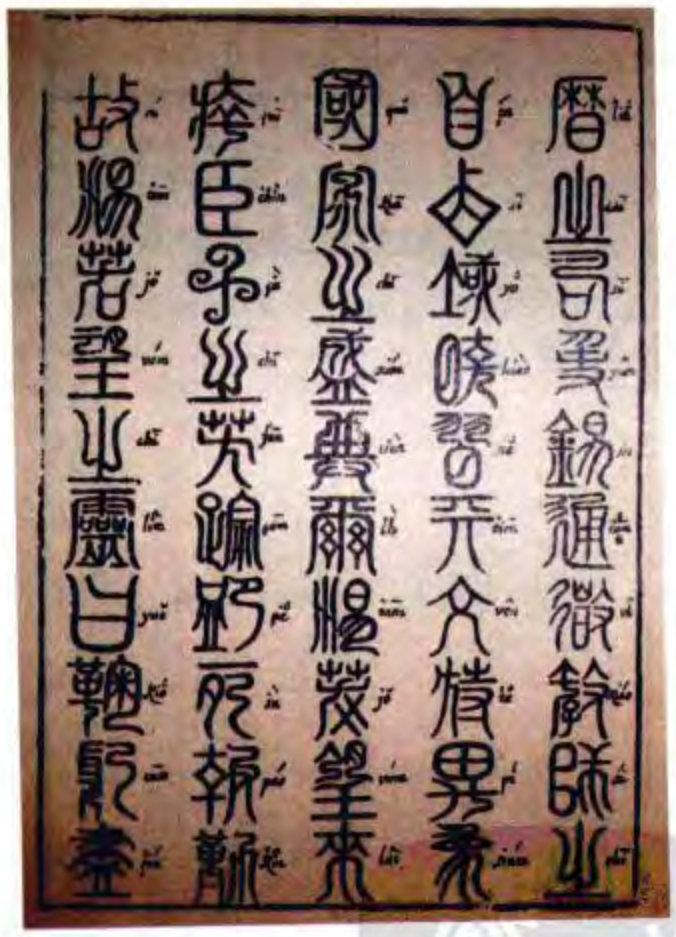


图 19-13　耶稣会刊印的康熙赐祭汤若望文（局部）

图 19-14　南怀仁像

图 19-15　《灵台仪象志》插图

经康熙帝批准，1669～1673 年，南怀仁主持制造了赤道经纬仪、天体仪、黄道经纬仪、地平经仪、象限仪和纪限仪。《新制灵台仪象志》是对这六件天文仪器的构造、安装、用途和使用方法的详细解说以及相关的天文数表、星表与蒙气差表等。全书共十六卷，其最后两卷为 117 幅精致的插图，包括上述六件仪器的总图和分图，制造仪器的器具，仪器的布局、安装和调整等。

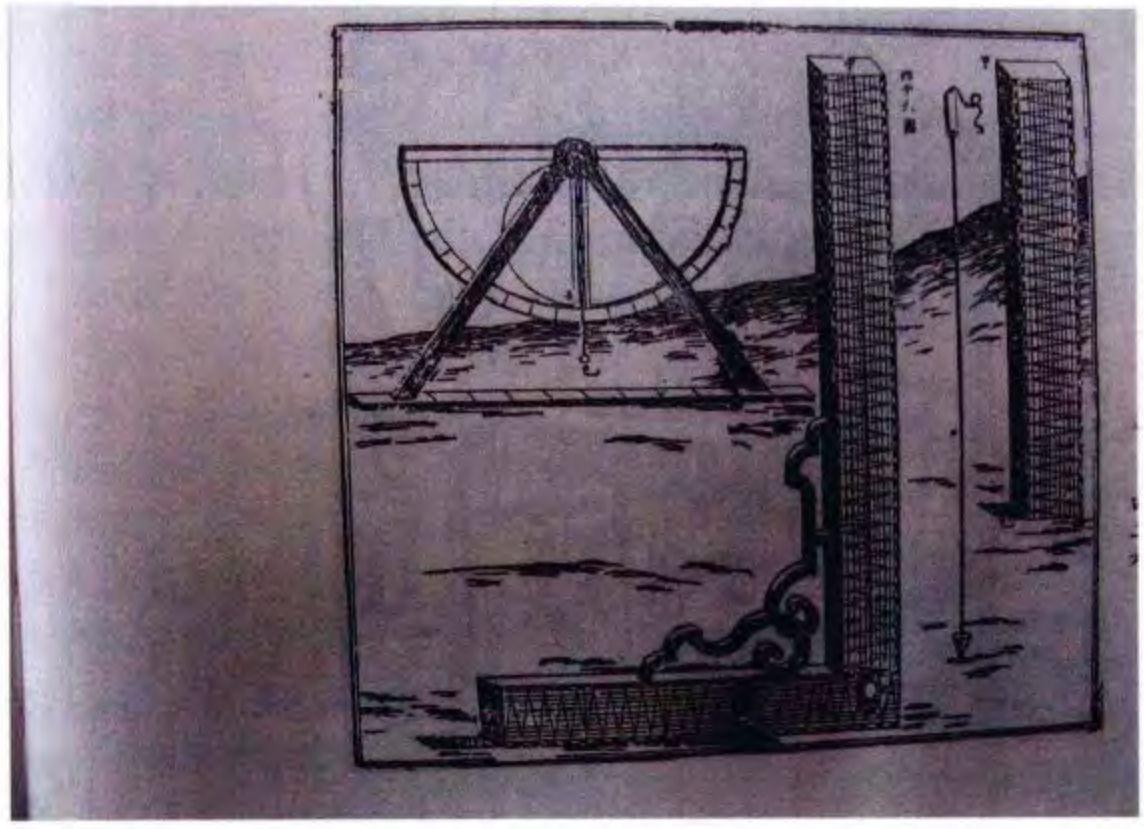


图 19-15　《灵台仪象志》插图

图 19-16　康熙读书像

康熙是中国历史上少有的爱好科学的皇帝之一。他早年受历狱的影响而崇信西方科学。曾向传教士学习数学、天文学等知识。后来提倡“西学中源”说，调和中西学冲突。晚年下令编撰《律吕正义》、《数理精蕴》和《历象考成》等书，对清代科学的发展产生很大的影响。康熙著有《几暇格物编》等。

图 19-16　康熙读书像

图 19-17　清宫藏手摇计算器

康熙时清宫造办处制造的纸筹式手摇计算机。长 17 厘米，宽 9 厘米，高 5 厘米。其中有上下排列的十对铜轴，每轴的一端有一个六齿的齿轮。上下两轴的齿轮间有一个过渡的齿轮。正面有孔，可插入钥匙，以转到铜轴进行计算。可进行乘除和开方等计算。

图 19-17　清宫藏手摇计算器

图 19-18　康熙御制角尺

镀银金质角尺，清宫造办处制作。长 22 厘米，厚 0.3 厘米，半圆直径 10.2 厘米。这是一种测量角度的仪器，将滑动的尺对准半圆弧上的刻度即得角度值。尺上镌刻有“康熙御制”四字。现藏故宫博物院。

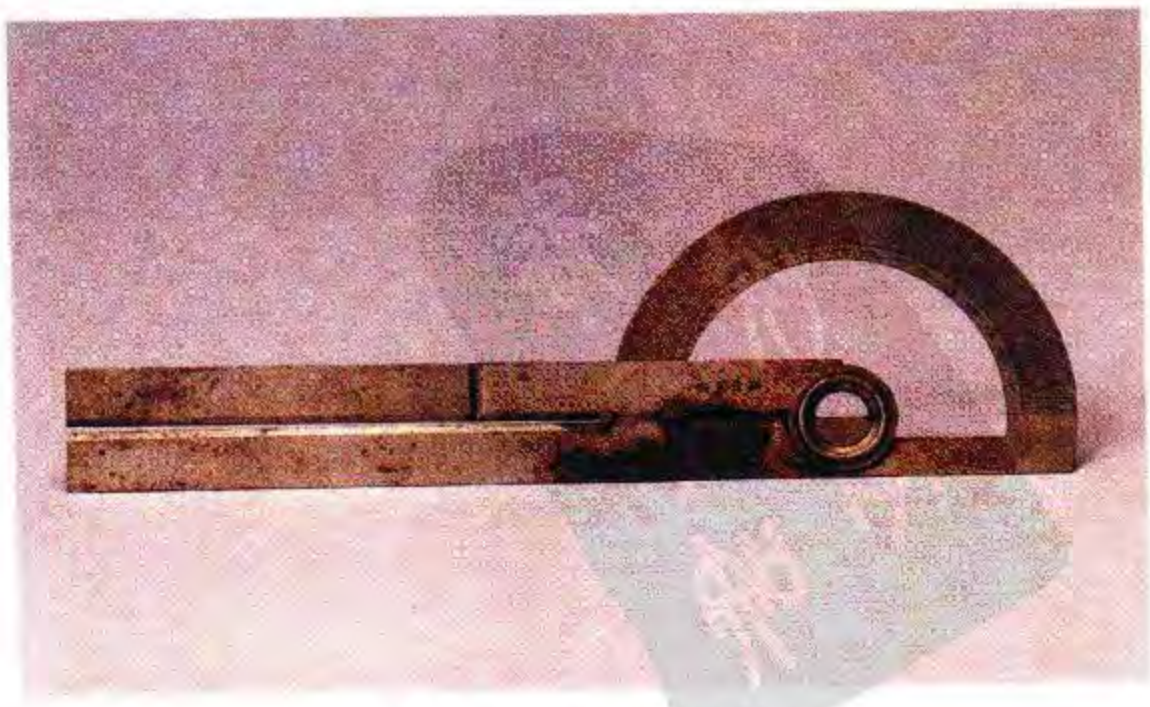


图 19-18　康熙御制角尺

图 19-19　康熙的数学炕桌

清宫造办处制，长 96 厘米，宽 64 厘米，高 32 厘米。桌面是三款可活动装卸的银版。中间的正方形银版用于绘图书写。左右两边的长方形银版分别刻有各种比例表和开方表等，可方便进行各种数学计算。

图 19-19　康熙的数学炕桌

图 19-20　满汉合璧《御制三角形推算法论》

1704 年，康熙发表《三角形推算法论》，倡导“西学中源”说。继而召见著名历算专家梅文鼎，向他面此说，从而使梅文鼎倒向“西学中源”说，梅氏撰写了《历学疑问补》，专门对此说加以论证。君臣二人你唱我和，使“西学中源”说成为钦定的论点，在清代学术史上产生了深远的影响。

图 19-20　满汉合璧《御制三角形推算法论》（约 1707 年刻本）

图 19-21　康熙关于代数学的上谕

图 19-21　康熙关于代数学的上谕

康熙虽然略通西方科学，但其科学水平很有限。这是他关于代数的一道上谕，表明他并没有领略代数方法的精妙，却自以为是批评传教士。

图 19-22　康熙御制四游标半圆仪

清宫造办处 1714 年制作。这是一种通过测角求距离的仪器。游标与所测目标相交成三角形，既可推算出距离或高度。此器后收入《皇朝礼器图式》。

图 19-22　康熙御制四游标半圆仪

图 19-23　清宫藏法国制造半圆仪

此半圆仪为 18 世纪法国巴黎制造，盘半径为 16 厘米。

图 19-23　清宫藏法国制造半圆仪

图 19-24　《数理精蕴》

是以康熙名义御制的《律历渊源》之一。分上、下编和表，共 53 卷。上编 5 卷为“立纲明体”部分，卷 1 是“数理本源”、“周髀算经”，卷 2～4 是“几何原本”，卷 5 是“算法原本”。下编 40 卷为“分条致用”，卷 1～30 是实用算术；卷 31～36 是“借根方比例”，介绍西方代数学知识；卷 37～38 是“对数比例”，卷 39～40 是“比例规解”，讲比例尺。附表 8 卷，有素因数表、对数表、三角函数表、三角函数对数表。该书促进了清代数学的发展，影响很大。

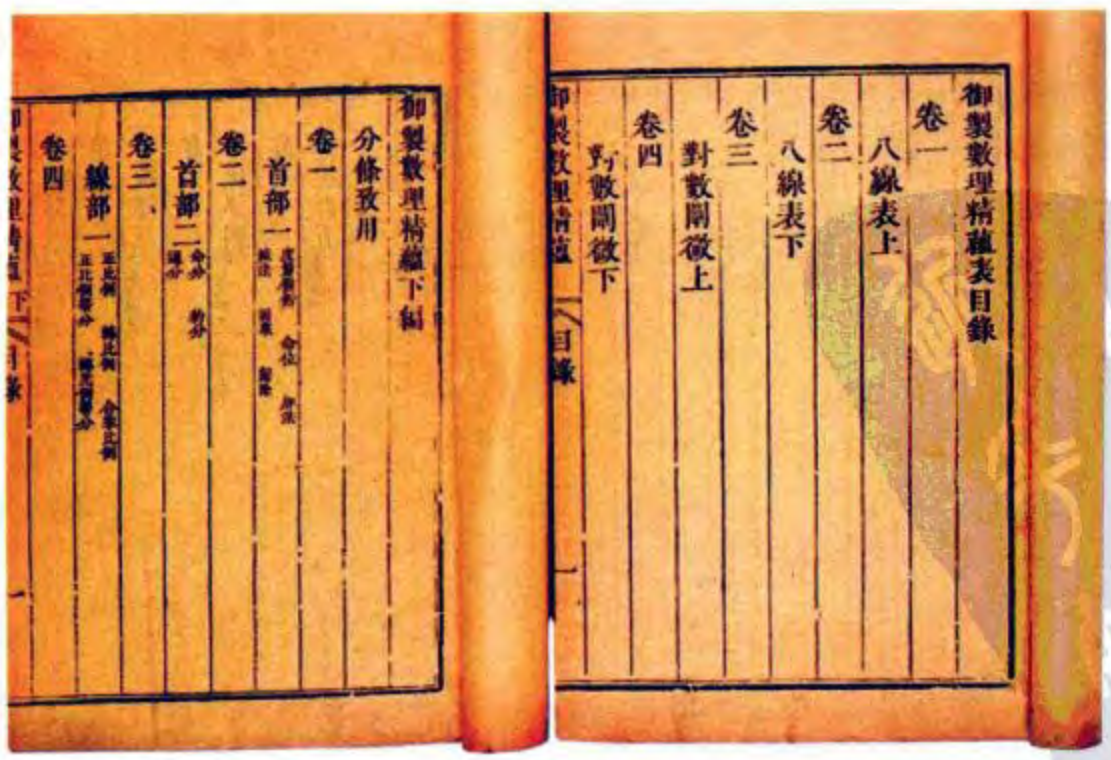


图 19-24　《数理精蕴》

图 19-25　天文地理钟

图 19-25　天文地理钟

乾隆朝清宫造办处制作的天文地理钟，极尽奢华。科学仪器已成为宫廷的玩赏品。

图 19-26　戴进贤所进西洋奇器礼品清单

日耳曼人耶稣会士戴进贤（Iguatius Koegler，1680～1746）从 1717 年起在钦天监供职，1722 年初为“治理历法”，1725 年实授“监正”职，是西洋传教士中第一位任监正者。乾隆初年，戴进贤对《历象考成》进行补订，于 1742 年完成 10 卷，成为《历象考成后编》。这是他向乾隆帝进呈的西洋奇器清单。

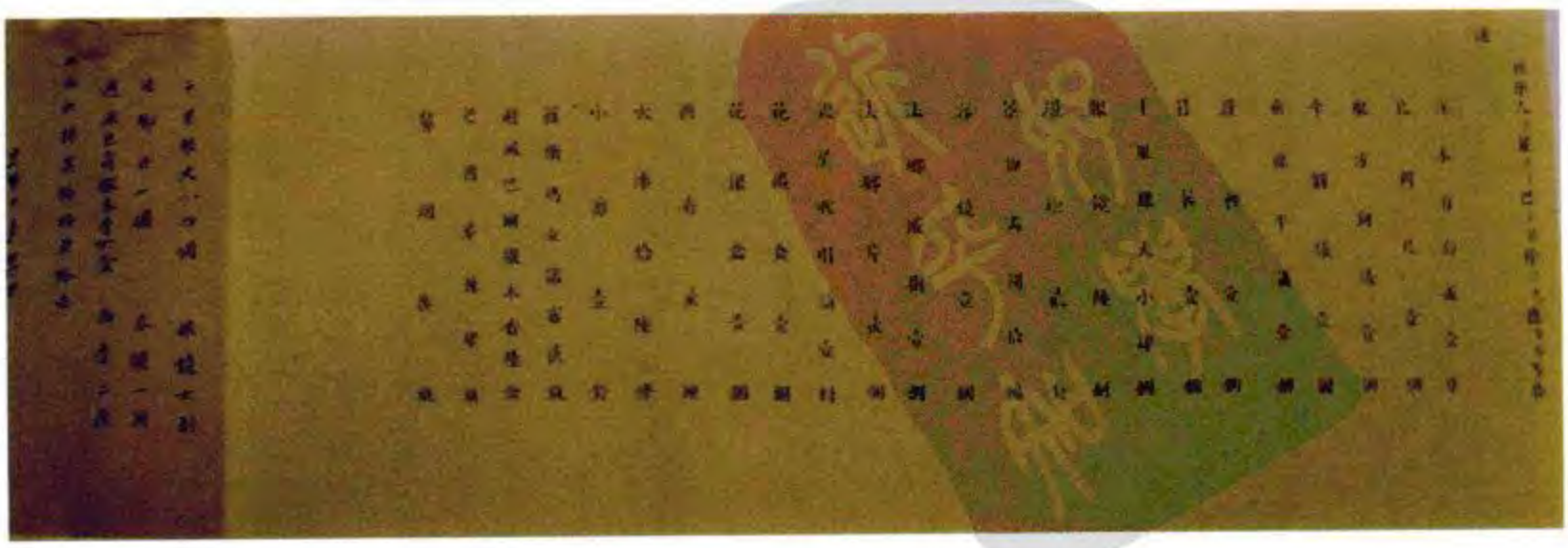


图 19-26　戴进贤所进西洋奇器礼品清单

图 19-27　圆明园西洋楼大水法

圆明园西洋楼自 1747 年秋动工，至 1760 年竣工，整个建筑群以喷泉（时称“水法”）为中心。海晏堂、远瀛观、大水法是西洋楼建筑的精华。西洋楼由耶稣会士设计监督，由中国工匠完成的。它吸收了欧洲的建筑技术和建筑风格，是西方建筑技术在我国的一次大规模实践，对我国的建筑技术起到了推动作用。

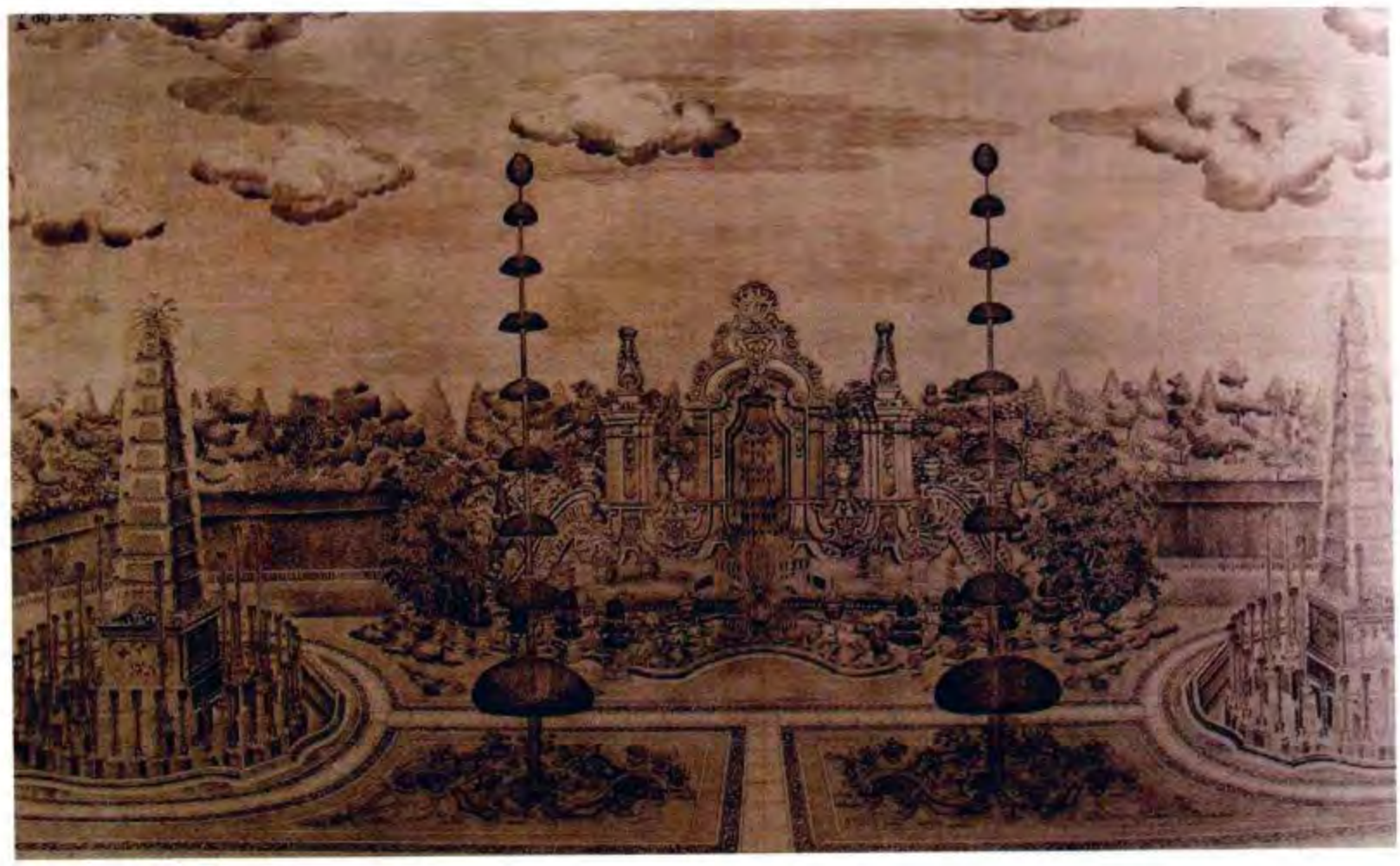


图 19-27　圆明园西洋楼大水法

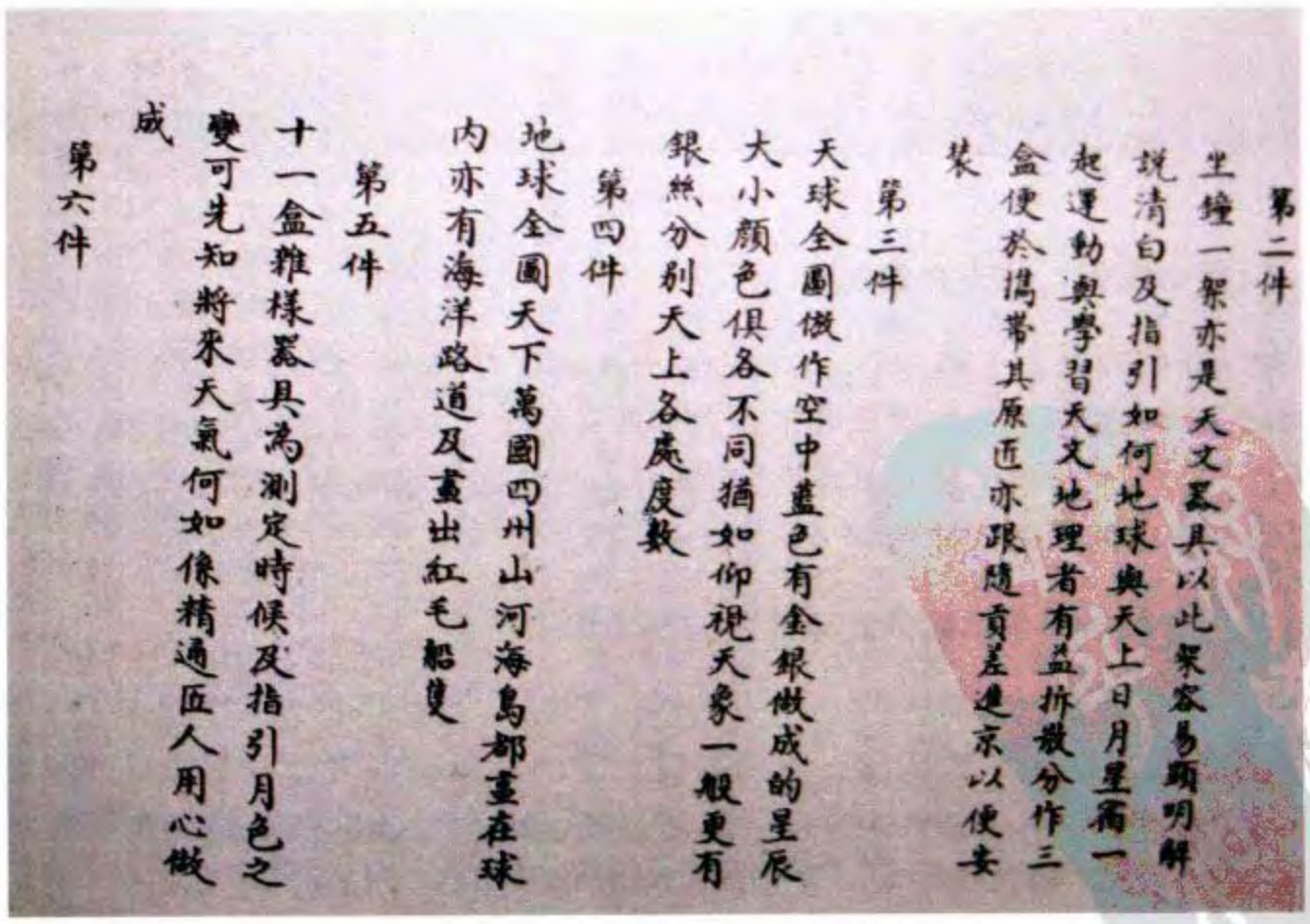
图 19-28　《地球图说》的太阳系图示

1773 年，法国耶稣会士蒋友仁（Michael Benoist，1715～1774）向乾隆帝献上一幅手绘的《坤舆全图》，在图上用文字说明了哥白尼的日心说，并说刻白尔（开普勒）、奈顿（牛顿）、噶西尼（卡西尼）等“皆主其说”。后来有人将其图说编辑为《地球图说》印行，这是《地球图说》刻本中的太阳系插图。

图 19-29　英国特使马戛尔尼赠送给乾隆帝的科学仪器清单

1793 年，英国特使马戛尔尼（George MaCartney，1737～1806）伯爵来华觐见乾隆，带来了最丰厚的西洋器物作为礼品。包括英国最新的工业品、机械模型和科学仪器（天象仪、望远镜、地球仪）等。其中一座表演天体运动的天象仪，后来安装在圆明园正大光明殿，有一丈五尺之高，周长约一丈，在当时的西方也是寥寥无几的。

图 19-28　《地球图说》的太阳系图示


第二件
坐鐘一架亦是天文器具以此架容易顯明解說清白及指引如何地球與天上日月星辰一起運動與學習天文地理者有益拆散分作三盒便於揭帶其原匠亦跟隨貢差進京以便安裝

第三件
天球全圖做作空中藍色有金銀做成的星辰大小顏色俱各不同猶如仰視天象一般更有銀絲分別天上各處度數

第四件
地球全圖天下萬國四州山河海島都畫在球內亦有海洋路道及畫出紅毛船隻

第五件
十一盒雜樣器具為測定時候及指引月色之變可先知將來天氣何如像精通匠人用心做成

第六件

图 19-29　英国特使马戛尔尼赠送给乾隆帝的科学仪器清单（局部）

图 19-30　伯驾及其中国助手

伯驾（Peter Parker，1804～1889），是近代第一位来到中国的传教医生。1834 年获得医学博士学位，同年到达广州。1835 年，伯驾在广州成立了新豆栏医局，免费为病人治病。他还带了几位中国助手。这是他的助手正在进行眼科手术。

图 19-31　合信

合信（Benjamin Hobson，1816～1873），英国伦敦会传教医生。1835 年毕业于伦敦大学医学院。1839 年被伦敦会派往中国澳门为驻澳门教会医院的传教医师。1843 年被派往广州，后在上海行医。1860 年返回英国。编译有《全体新论》、《博物新编》、《西医略论》等，在当时流传甚广。

图 19-30　伯驾及其中国助手

图 19-31　合信

图 19-32　《博物新编》

合信的《博物新编》（1854）是中国近代科技史上最有影响的著作之一，最初在广州刻印，后来在上海一再印行。该书最重要的是第一集，内容涉及物理、化学、气象学和近代技术等多方面。其中，《地气论》介绍了氢气、氧气的制法，硫酸、硝酸和盐酸的性质和制法，《水质论》介绍了元素理论，《热论》中介绍了蒸汽机的原理与应用。《博物新编》启发和推动了近代科技知识在清末的输入和传播。

图 19-33　《博物新编》中的蒸汽机插图

《博物新编》介绍了蒸汽机的原理及其应用。后来徐寿等人参考此书等资料，制成了“黄鹄”号轮船。

图19-32 《博物新编》

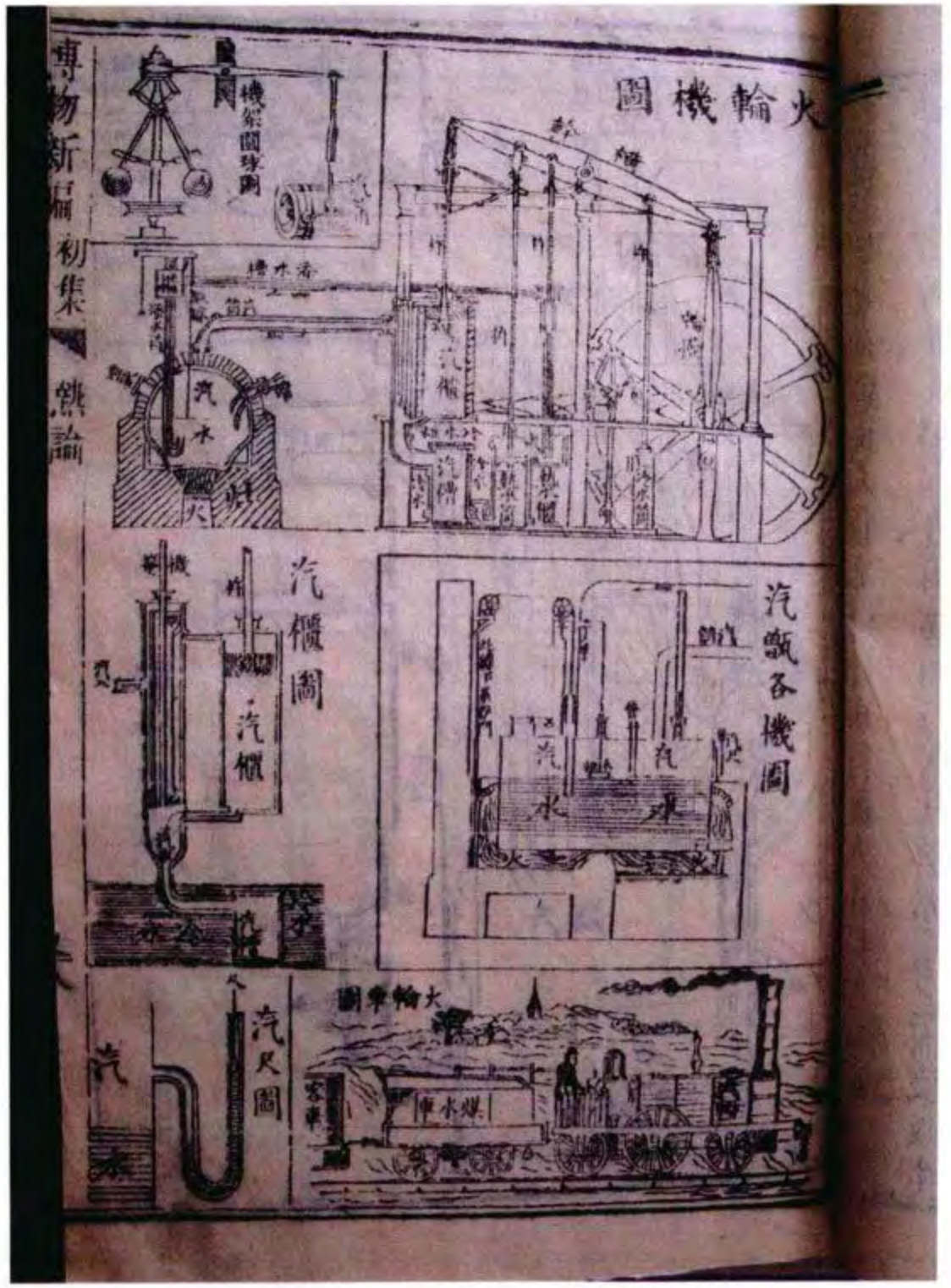


图19-33 《博物新编》中的蒸汽机插图

图 19-34　嘉约翰及其病人

嘉约翰（John Glasgow Kerr，1824～1901），美国长老会传教医生。1853 年来华传教，1854 年到广州行医。1859 年他重返广州创办了中国最早的教会医院博济医局。1862 年该医院又开始招收学生，以培养医学人才。他一生中共为 70 多万名患者治疗，做过近 5 万次手术，培养了 150 名西医，编译医学书籍 30 余种。

图 19-34　嘉约翰及其病人

图 19-35　《割症全书》

嘉约翰尤以外科手术知名，这是他翻译的外科专书《割症全书》（1871）之一页。

图 19-35　《割症全书》

图 19-36 《化学初阶》(1871～1873)

嘉约翰与何瞭然翻译。四卷，其中前两卷 1871 年出版，是最早刊行的专门化学译著。全书包括无机化学与有机化学两部分。其中的元素译名参考了徐寿和傅兰雅的方案。

图 19-37 黄宽

1866 年，嘉约翰在博济医局内开设南华医学堂，由他和黄宽（1828～1878）教授学生。黄宽讲授解剖学、生理学和外科，嘉约翰讲授西药学和化学。黄宽早年留学英国爱丁堡大学学医，1855 年毕业后归国。

图 19-36 《化学初阶》书影

图 19-37 黄宽

图 19-38 伟烈亚力

伟烈亚力（Alexander Wylie，1815～1887），英国传教士学者，1847 年 8 月来华。在上海墨海书馆与李善兰等翻译《几何原本》后九卷、《代数学》、《代微积拾级》、《谈天》等，编辑《六合丛谈》，并研究中国数学史等。

图 19-39 李善兰

1852 年夏，李善兰到上海墨海书馆，将自己的数学著作给来华的外国传教士展阅，受到伟烈亚力等人的赞赏。从此，他开始了与外国人合作翻译西方科学著作的生涯。

图 19-40 牛顿《原理》译稿

李善兰和伟烈亚力翻译了牛顿《原理》的一小部分，后来他与傅兰雅续译成《原理》的第一编，但没有出版。此为他与伟烈亚力《原理》译稿抄本的一页。

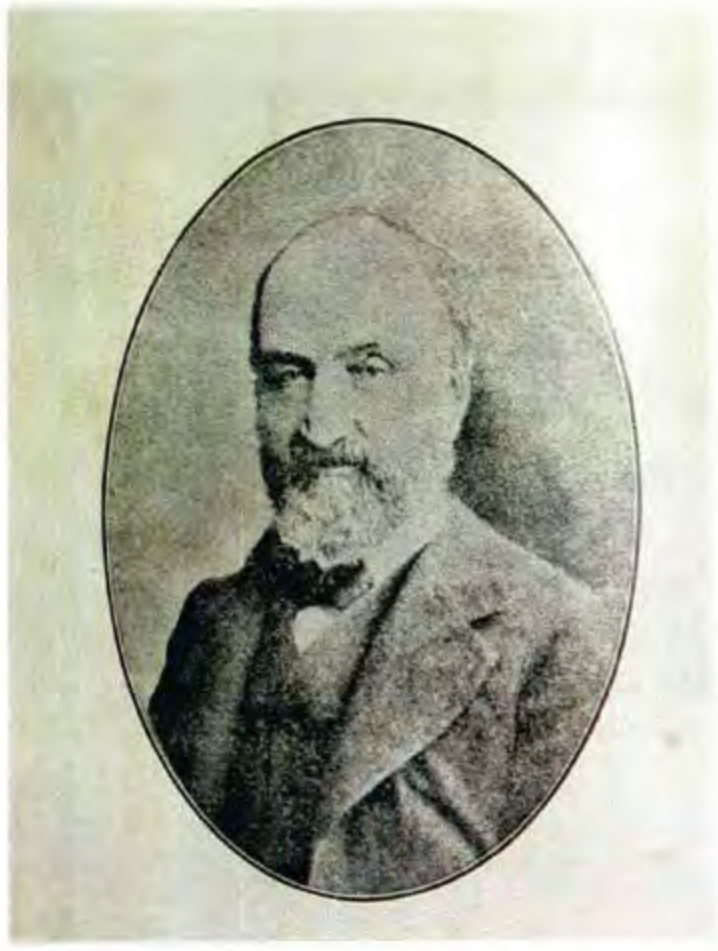


图 19-38　伟烈亚力像

图 19-39　李善兰像

相等所以若諸動之方向同所加於前體之動必減於後體之動故其動之和必仍與先等若二體相遇其動相反所減之動二體必等故相反二動之較仍如先

如球體甲速率為二其體三倍大於球體乙同方向行乙速率為十則甲乙二體之動如六與十之比設其二動為六分與十分其和必為十六分故二體遇若甲加動三四五若干分則乙必減亦若干分故變方向之後甲之動為九十十一若干分與乙之七六五若干分其和仍為十六分若甲體得動九十十一十二分過後得十五十六十七十八而行甲體所得若干分減丙體所失若干分則後行失九分故恆以一

图 19-40　牛顿《原理》译稿抄本

图 19-41 《谈天》

李善兰与伟烈亚力翻译的《谈天》(1859)。书中刊载有原作者约翰·赫歇耳像。《谈天》是清末最重要的天文学译著。

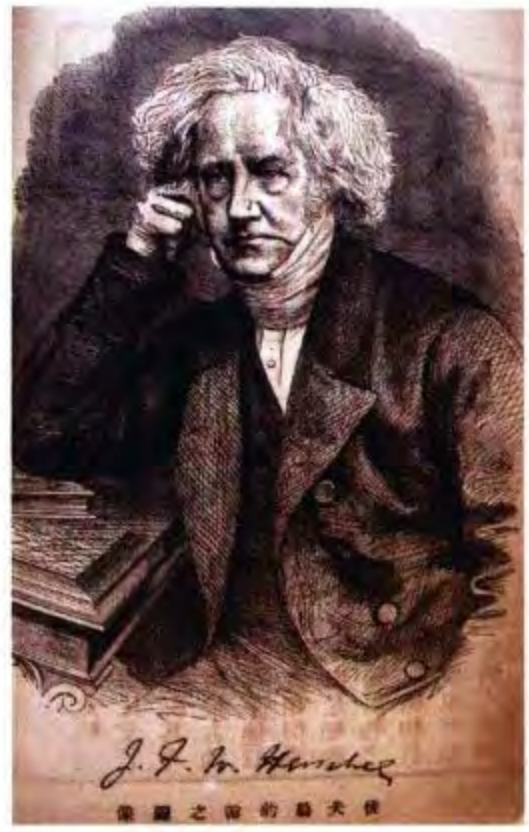


图 19-41 《谈天》

图 19-42 《代微积拾级》

图 19-42 《代微积拾级》

1859 年墨海书馆印行。美国罗密士(E. Loomis)原著,是一部解析数学和微积分教材。此书是中文第一部微积分学译作。

图 19-43 《六合丛谈》

《六合丛谈》(1857～1858)是伟烈亚力主办的中文刊物,其中刊载有几种科学译著。

图 19-44 丁韪良

丁韪良(W. A. P. Martin, 1827～1916),美国长老会传教士。1850 年到中国,在宁波传教 10 年。1863 年定居北京后,先在同文馆教英语,后任总教习。翻译有《万国公法》、《格物入门》、《格物测算》,著有《西学考略》等。

图 19-43　《六合丛谈》（第二年第一期）

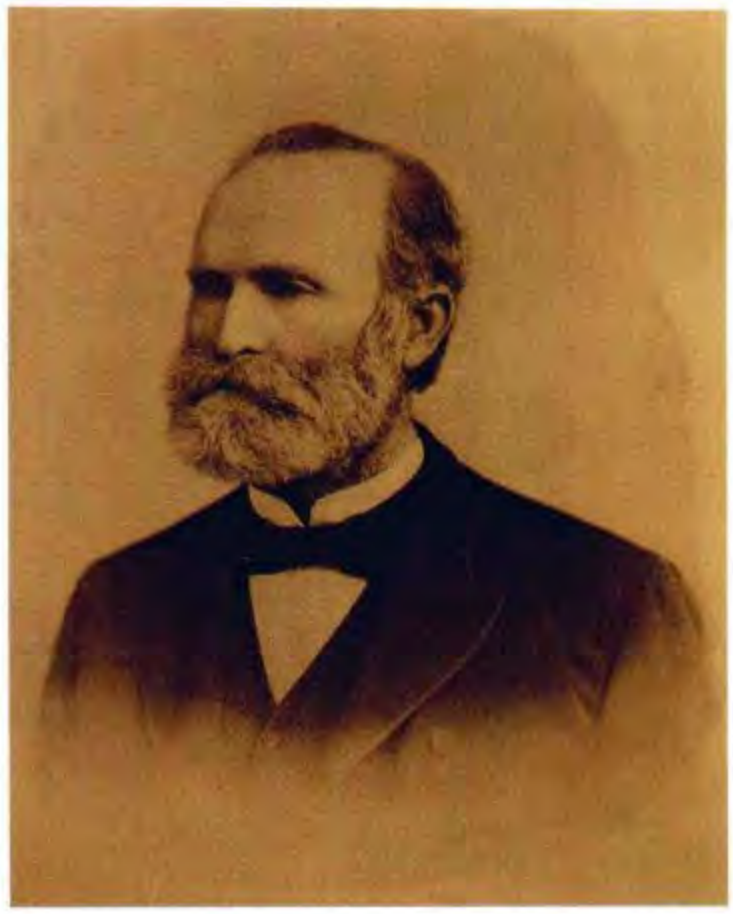


图 19-44　丁韪良像

图 19-45　同文馆的出版物

同文馆编译出版的科学著作，以丁韪良的《格物入门》最为知名，曾多次再版，并传入日本，在日本广为印行。此外化学教习法国人毕利干（A. Billequin）的化学译著较有特色。《中西合历》也刊行多年。李善兰还用《测圆海镜》训练学生的数学能力，因此重印了该书。

重增格物入門自序
嘗讀大學致知在格物不禁欵堅人言近旨遠
尋讀五子近思錄或問格物須物物格之還只
格一物而萬物皆知伊川先生曰怎得便會貫
通若只格一物便通衆理雖顏子亦不敢如此
道須是今日格一件明日又格一件積習既多
然後脫然自有貫通處於是欵先儒於格物之
理已見端倪惜後學局於詞章雖探討古書而
不及於格物拘牽未化難言窮理之功昔西國
泥於希臘羅馬古學亦不知近取諸身遠取諸
物之旨故千餘年之久實學無所進益逮明季

图 19-45　同文馆的出版物

图 19-46　江南制造局

1865 年 9 月 20 日，曾国藩、李鸿章在上海设立江南机器制造总局。这是清政府开设的规模最大的近代军事企业，以制造军火武器和轮船为主。又称江南制造局、上海制造局等。图为该局大门。

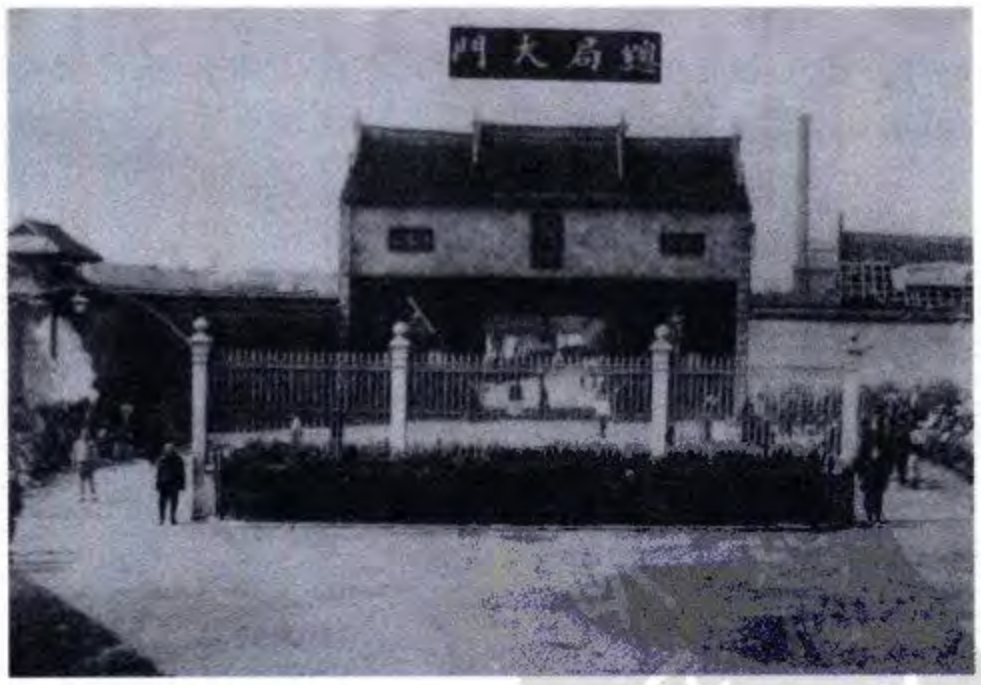


图 19-46　江南制造局

图 19-47　江南制造局翻译馆

江南制造局翻译馆是晚清最重要的官办科技书籍翻译机构。从 1868 年开馆，到 1912 年结束，该馆共刊行译书 183 种，地图 2 种，译名表 4 种，连续出版物 4 种，共计 193 种。此外，还有 8 种译书由他处刊行。另有 40 种已译未刊译书。总计已刊、未刊各种译书共 241 种。制造局的科技译书以数学、物理、化学、地学、测绘、医学、近代工业技术等方面较为系统。

图 19-47　江南制造局翻译馆

徐寿（中）、华蘅芳（右）和徐建寅在翻译馆内

图 19-48　徐寿

徐寿（1818～1884），江苏无锡人。他以精于制造进入曾国藩幕府，在曾的支持下仿制成功“黄鹄”号轮船。后入江南制造局，倡设翻译馆，专门翻译西方科技书籍。与傅兰雅等合译的化学、工艺著作最精，后发起建立格致书院。其子徐建寅、徐华封也参与译述，深通化学化工。徐寿和傅兰雅翻译的《化学鉴原》（1871）是清末最知名的化学译著，特别是他们确定的元素译名原则为后世继承。

图 19-48　徐寿

图 19-49 傅兰雅用过的词汇表

徐寿、傅兰雅等译书，特别重视术语译名的确定。他们制定了一套译名原则，以解决术语的翻译和统一等问题。这是傅兰雅保存的两种译名表。

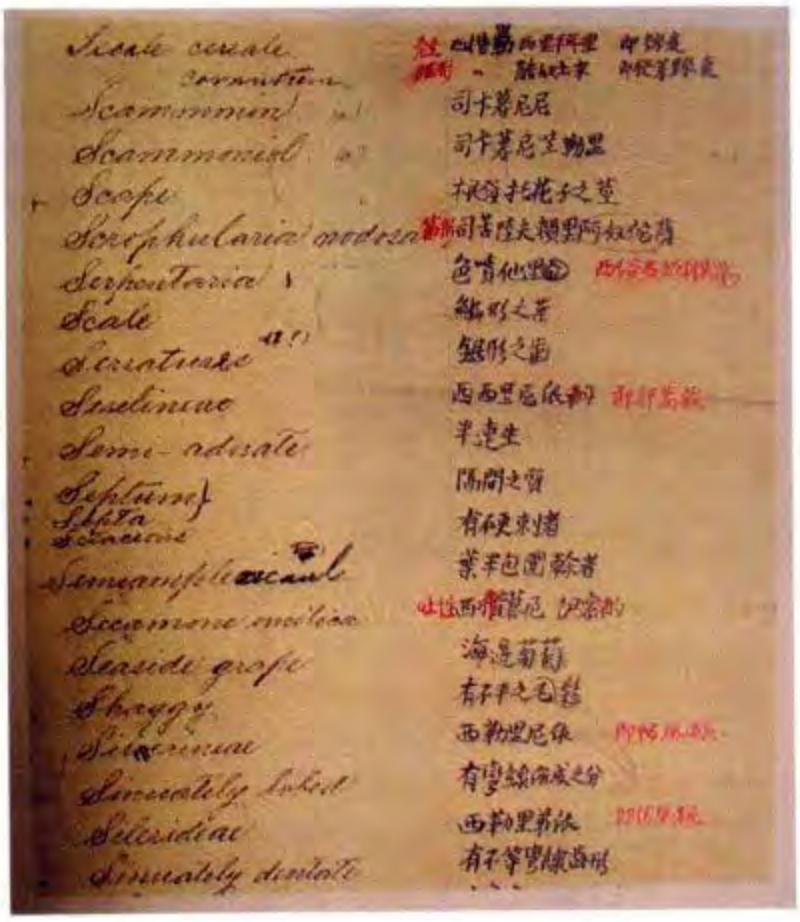


图 19-49 傅兰雅用过的词汇表

图 19-50 华蘅芳

华蘅芳（1833～1902），江苏金匮（今无锡）人。清末数学家。他是徐寿的同乡和友人，参与筹建江南制造局翻译馆，译有《代数术》、《微积溯源》、《地学浅释》、《金石识别》、《决疑数学》等。先后在湖北自强学堂、两湖书院和上海格致书院讲学。他和美国传教医生玛高温翻译的《地学浅释》（1873）是英国地质学家赖尔的一部名著。

图 19-51 傅兰雅

傅兰雅（John Fryer，1839～1928），英国人，1861 年来华，1868 年进入江南制造局，是该局翻译馆的主要口译者。经他一人口译的书占翻译馆全部译著的半数以上，有 90 余种。他是格致书院的创始人之一，还发起编辑出版了《格致汇编》，编译了《格致须知》、《格物图说》等系列出版物。

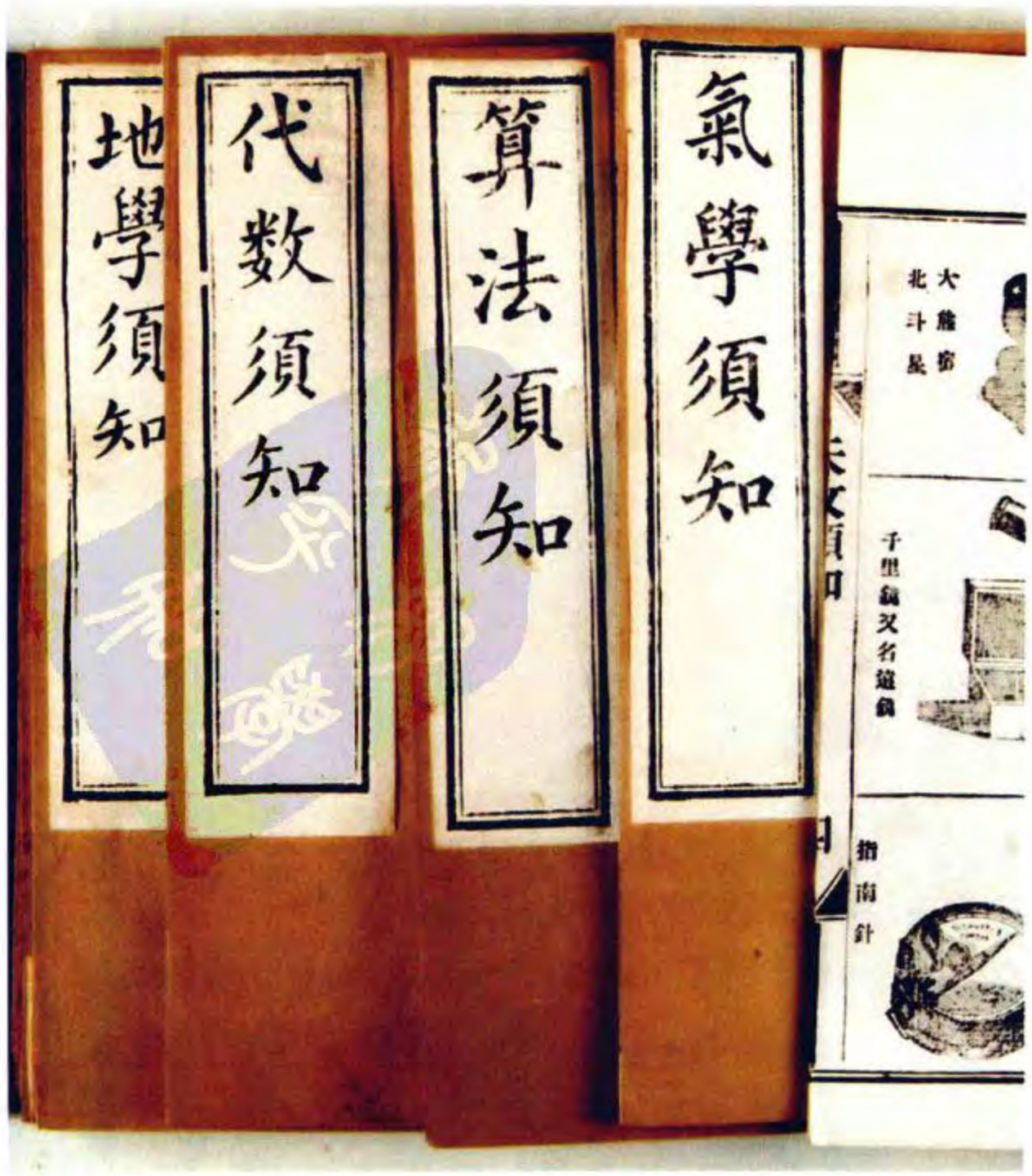
图 19-50　华蘅芳

图 19-51　傅兰雅

图 19-52　《格致汇编》和《格致须知》

《格致汇编》是中国近代第一份传播科学技术知识的专门期刊，“欲将西方格致之学，广行于中华”。

《格致须知》是傅兰雅编译的一套入门读物，有近 30 种，以科学为主，兼顾哲学、西方礼仪等。



《格致须知》丛书

《格致汇编》创刊号

图19-52　《格致须知》和《格致汇编》

图 19-53　福州船政局

福州船政局，又名福建船政局等，闽浙总督左宗棠创办于 1866 年，是中国近代最重要的军舰生产基地。该局附设的船政前后学堂，培养了一批掌握轮船制造和驾驶技术的人才。其中一部分被送往英法留学，归国后成为晚清海军的技术和指挥骨干。

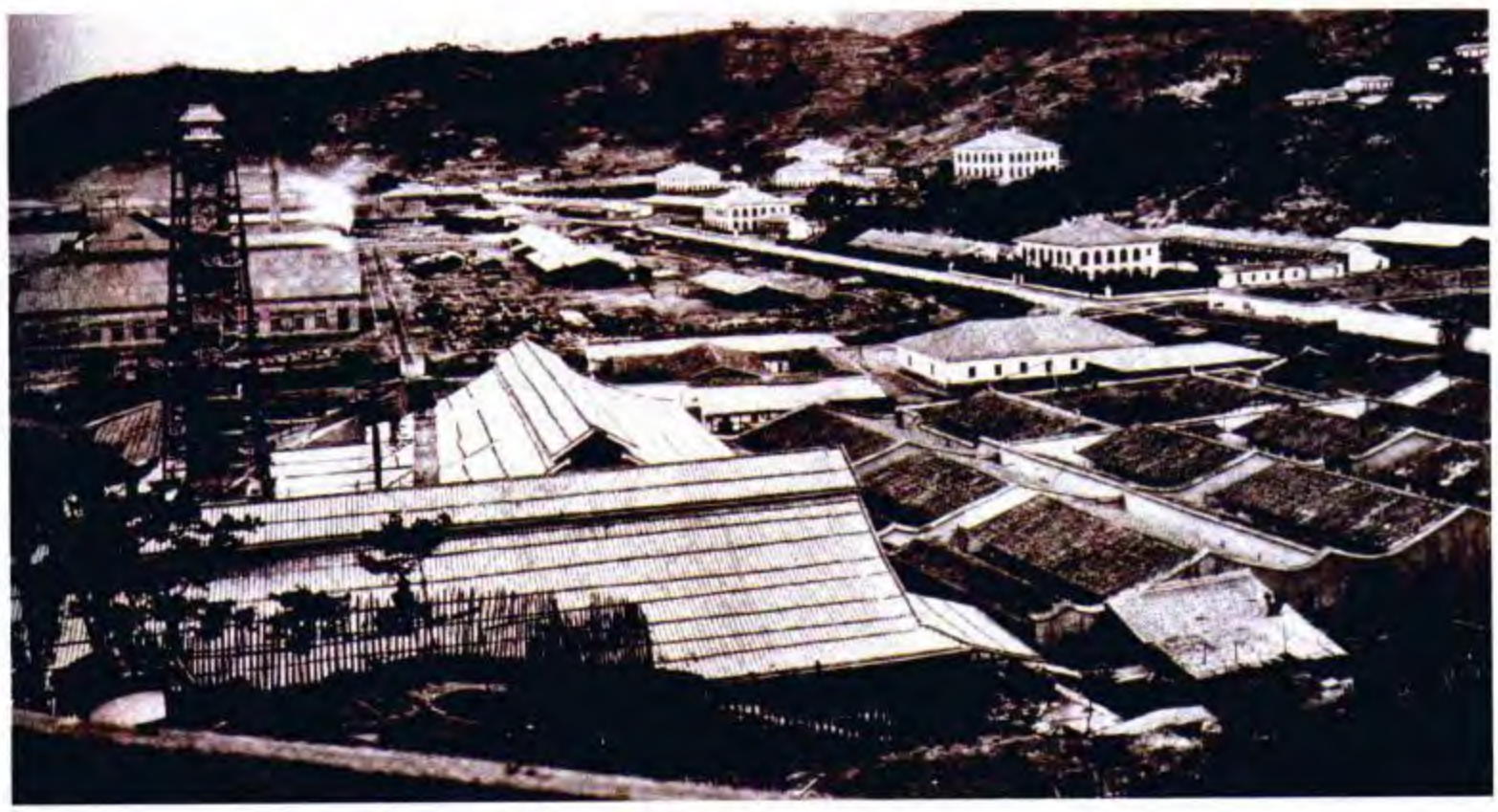


图 19-53　福州船政局

图 19-54　容闳

1847 年赴美、1854 年毕业于耶鲁大学的容闳（1828～1912）是中国第一位留美大学毕业的留学生。容闳是广东香山人，回国后，他参与洋务事业，促成了幼童留学美国。

图 19-54　容闳

图 19-55　留美幼童

1871 年，容闳说动曾国藩和李鸿章领衔奏请清廷“选聪颖子弟”出洋留学。1872 年 8 月 11 日，第一批留美幼童在监督陈兰彬的带领下从上海启航赴美。这是启程前在上海的合影。后面的三批，也分别在 1873 至 1875 年间陆续赴美。但不幸的是 1881 年他们被中途撤回，留学半途而废。只有詹天佑等极少几人大学毕业。

图 19-55　留美幼童

图 19-56　严复《天演论》译稿

严复（1854～1921），同治十年（1871）毕业于福州船政学堂。1877 年派赴英国学习，1879 年回国，任福州船政学堂教习。次年任天津北洋水师学堂总教习，后升任总办。甲午战争后，发表《论世变之亟》和《救亡决论》等文。同时翻译赫胥黎的《天演论》，以进化论观点唤起国人救亡图存，影响极大。后来他还翻译了《原富》、《群学肄言》、《群己权界论》、《社会通诠》、《法意》、《名学浅说》、《穆勒名学》等书，被誉为清末西学第一人。

图 19-57　詹天佑

詹天佑（1861～1919），广东南海县人。1872 年作为中国第一批官办留美学生留学美国。1881 年又以优异成绩毕业于耶鲁大学。回国后詹天佑入马尾船政前学堂学习。1888 年，詹天佑到中国铁路公司任工程师。1905 年，主持修建京张铁路，1909 年通车。

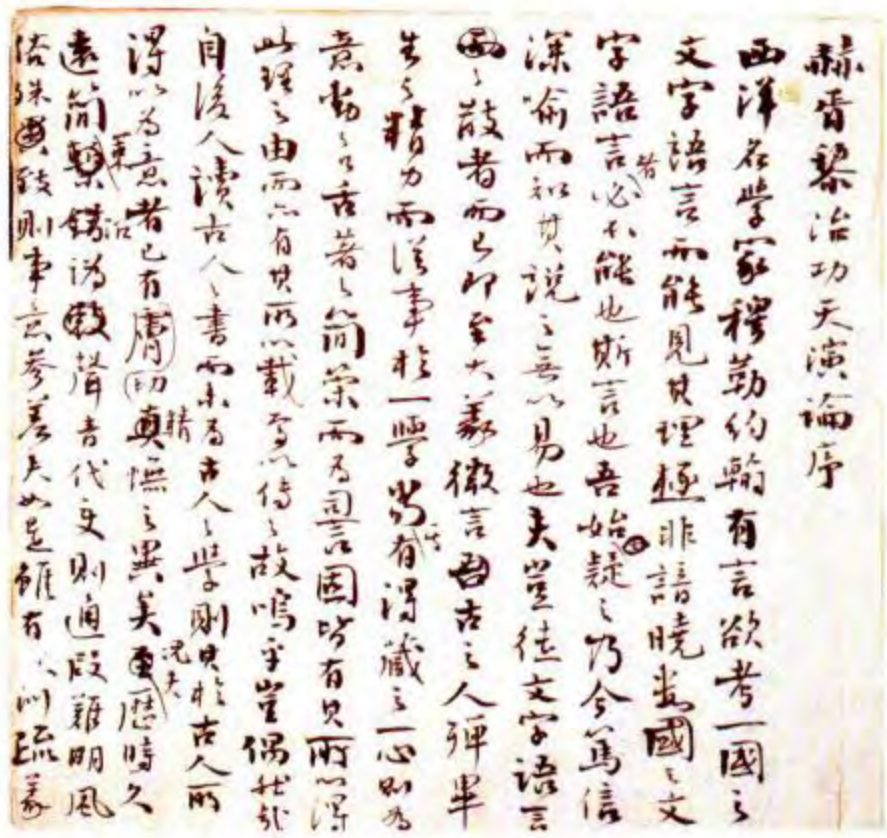


图 19-56　严复《天演论》译稿

(a) 詹天佑（第四排左二）毕业于耶鲁大学时与同学合影 (1881)

(b) 詹天佑测量京张铁路时使用过的经纬仪（现藏中国国家博物馆）

图 19-57 詹天佑

图 19-58 传教士出版的科学教材

清末新教传教士主办的学堂大都进行科学教育，为此他们组织了益智书会，从事科学教科书的编辑出版工作。其中以在山东登州文会馆任教的美国传教士狄考文（Calvin W. Mateer，1836～1908）及其学生编译的《笔算数学》、《代数备旨》等流传最广，对清末西算普及作用尤大。

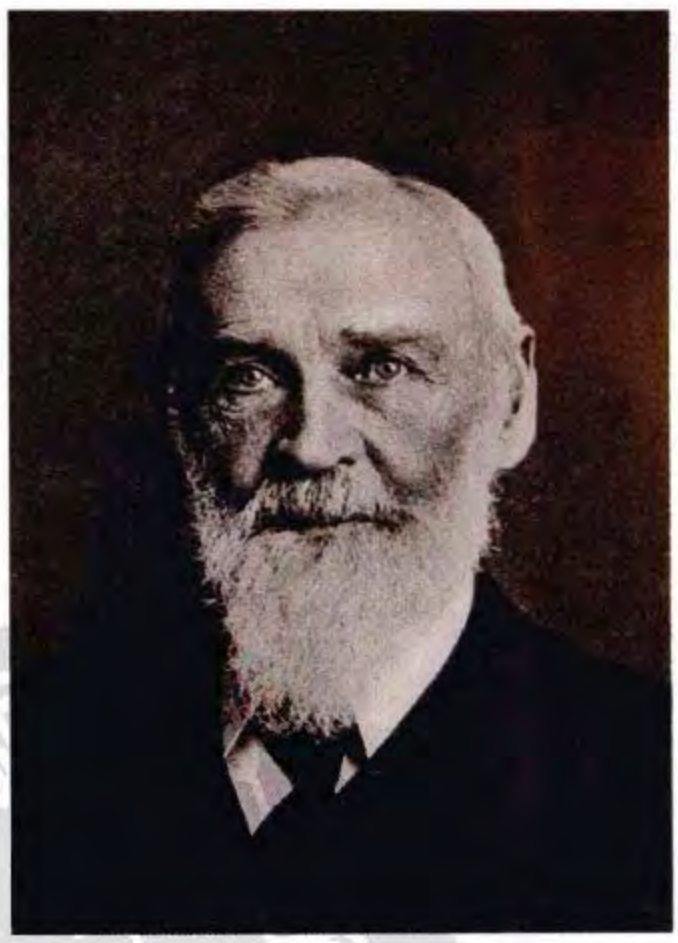


图 19-58　传教士出版的科学教材与狄考文像

图 19-59　晚清学堂的数学教育

清末，西算逐渐取代了中算。这是 20 世纪初江苏清江一所教会女学的数学课情景。黑板上演算的是解代数方程，已经运用了阿拉伯数字，但未知数 x、y 仍分别以天、地表示。

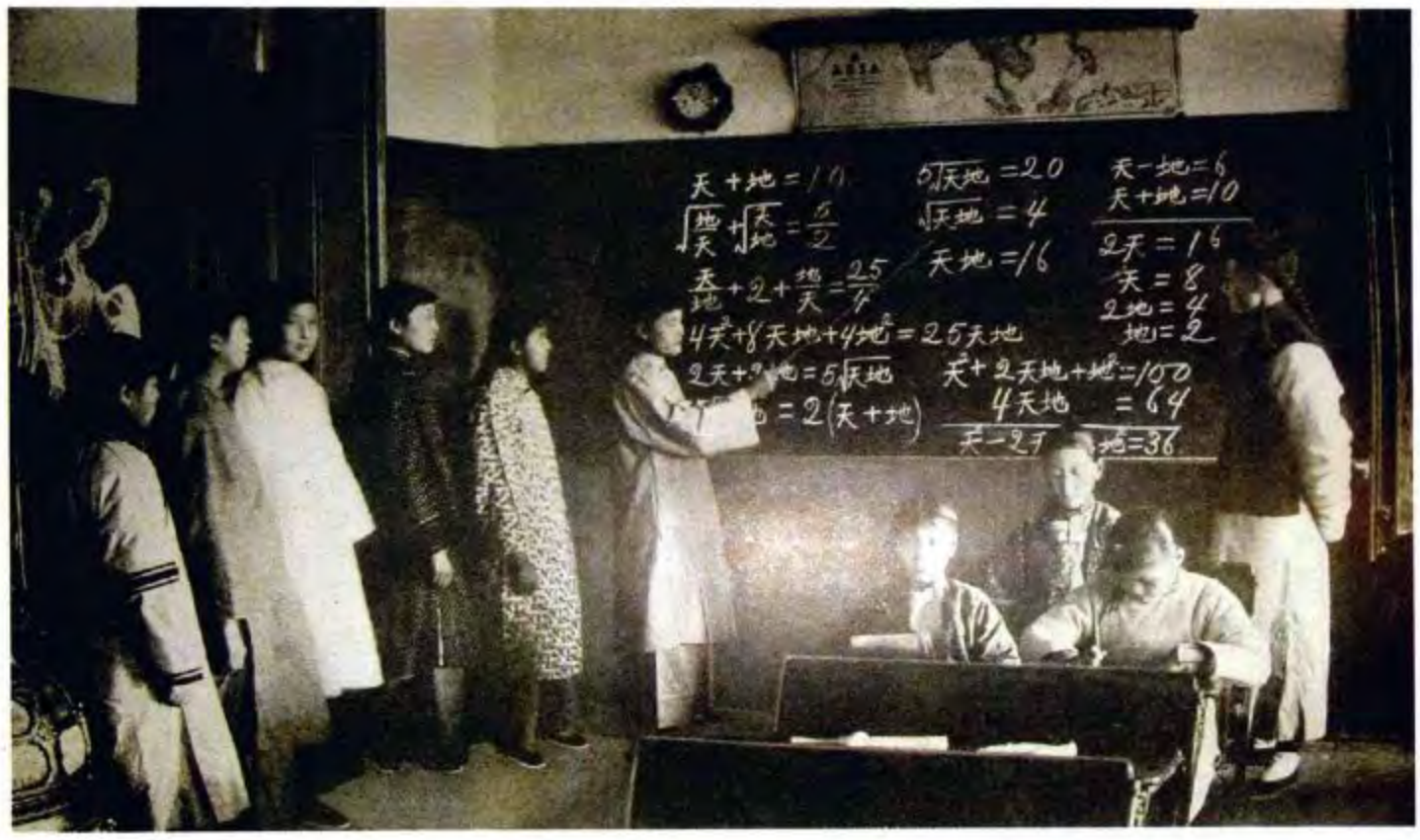


图 19-59　晚清学堂的数学教育

图 19-60　上海外滩气象信号塔

图 19-60　上海外滩气象信号塔

1883 年 5 月，上海法租界公董局会议决定，由海关出资建立外滩气象信号台。当时建成的是一个木结构的气象信号台。木杆顶端安装风向仪和风速仪。风速仪下面有一只大球，用作报时。杆上有数根绳索，用以扯报风旗。1907 年 3 月，在原信号台旁新建一座“阿托奴博”式的圆柱形建筑。这座信号塔总高约 50 米，其中塔身高 36.8 米，塔台上竖有装着风向仪和供悬挂各种信号旗的桅杆。1993 年 10 月，外滩综合改造时，整体向原址东北方向移出了 20 余米。

图 19-61　《亚泉杂志》

光绪二十六年十月初八日（1900 年 11 月 29 日）在上海创刊。半月刊。浙江绍兴人杜亚泉编辑。亚泉学馆出版发行，商务印书馆印刷，铅印。是中国人自办的较早的自然科学杂志，内容多译自日文书刊。辟有论述、答问、科学消息、理科新书目等栏目。包括数学、天文学、化学、生物学和地学等学科，尤以化学内容丰富新颖。次年 6 月 9 日出版至第 10 册停刊。

图 19-61　《亚泉杂志》

图 19-62　清末教育革命

甲午战争失败后，维新运动兴起，教育改革的呼声高涨。1898 年，变法运动中颁布了种种新措施，但因变法失败而废弃。1901 年八国联军占领北京之后，逃到西安的慈禧太后也不得不宣布“变法”，推行教育改革，首先是鼓励各省向欧美日本等国派遣留学生。1904 年，《奏定学堂章程》颁行，推行新的教育制度，科学教育被纳入各级教育系统。次年宣布停止科举，清末的教育革命至此完成。

光緒二十七年八月初四日內閣奉
上諭造就人才實為當今急務前據江南湖北四川
等省選派學生出洋遊學用意甚善著各省督撫
一律仿照辦理務擇心術端正文理明通之士前
往學習於一切專門藝學認真肄業實力講求學
成領有憑照回華即由該督撫學政按其所學分
門考驗如實與憑照相符即行出具切實考語資
送外務部覆加考驗擇尤奏請獎勵其遊學經費
著各省妥籌發給准其作正開銷如有自備資斧
出洋遊學者著由該省督撫咨明該出使大臣隨
時照料如果學成得有優等憑照回華准照派出
學生一體考驗獎勵均候旨分別賞給進士舉人
各項出身以備任用而資鼓舞將此通諭知之欽此

光緒三十一年八月初四日內閣奉
上諭袁世凱等奏請立停科舉以廣學校並妥籌辦
法一摺三代以前選士皆由學校而得人極盛實
我中國興賢育才之隆軌即東西洋各國富強之
效亦無不本於學堂方今時局多艱儲才為急朝
廷以近日科舉每習空文屢降明詔飭令各省督
撫廣設學堂將俾全國之人咸趨實學以備任使
用意至為深厚前因管學大臣等議奏已准將鄉
會試中額分三科遞減茲據該督等奏稱科舉不
停民間相率觀望欲推廣學堂必先停科舉等語
所陳不為無見著即自丙午科為始所有鄉會試
一律停止各省歲科考試亦即停止其以前之舉

图 19-62　清末教育革新过程中发布的上谕

图 19-63　庚款留美

1908 年，美国政府决定将美国所得“庚子赔款”的半数退还给中国，作为资助留美学生之用。当年 10 月，两国政府草拟了派遣留美学生规程。1909 年 6 月，北京设立了游美学务处。不久考了第一批学生，从 630 名考生中，录取了 47 人，于 10 月份赴美。这是第一批庚款留美学生。1910 年 8 月又举行了第二次招考，录取第二批庚款留美学生 70 人，包括胡适、赵元任、竺可桢等。1911 年初，成立清华留美预备学校。庚款留美学生中的很多人，归国后成为中国现代科学技术事业的奠基人。图为第一批庚款生出国前合影。

图 19-63　庚款留美学生合影

参考文献

白金波等. 1988. 西夏文物. 北京：文物出版社

半坡博物馆等. 1988. 姜寨——新石器时代遗址发掘报告. 北京：文物出版社

陈德安等. 1998. 三星堆. 成都：四川人民出版社

陈美东主编. 1996. 中国古星图. 沈阳：辽宁教育出版社

陈然等. 1987. 中国盐业史论丛. 北京：中国社会科学出版社

大葆台汉墓发掘组编. 1989. 北京大葆台汉墓. 北京：文物出版社

戴逸，龚书铎主编. 2000. 彩图版. 中国通史. 郑州：海燕出版社

敦煌研究院编. 1990. 7. 敦煌. 兰州：甘肃人民出版社；南京：江苏美术出版社

方骏，尚可. 1992. 中国古代插图精选. 南京：江苏出版社

福建省博物馆编. 1982. 福州南宋黄昇墓. 北京：文物出版社

福州市文物管理局. 1999. 福州文物集粹. 福州：福建人民出版社

傅维康，李经纬，林昭庚主编. 2000. 中国医学通史·文物图谱卷. 北京：人民卫生出版社

甘肃省博物馆，武威县文化馆. 1975. 武威汉代医简. 北京：文物出版社

甘肃省博物馆编. 1994. 丝绸之路甘肃文物精华. 兰州：甘肃省博物馆

广东省文物管理委员会，广东省博物馆，广东省文物考古研究所，广州市文物管理委员会编. 1991. 南海丝绸之路文物图集. 广州：广东科技出版社

国家计量总局主编. 1981. 中国古代度量衡图录. 北京：文物出版社

国家文物局主编. 1996. 中国文物精华大辞典. 金银玉石卷，书画卷，陶瓷卷，青铜卷. 上海：上海辞书出版社. 香港：商务印书馆（香港）有限公司

国家文物局主编. 1998. 中国文物地图集·陕西分册. 西安：西安地图出版社

何介钧，张维明编. 1982. 马王堆汉墓. 北京：文物出版社

何堂坤. 1992. 中国古代铜镜的技术研究. 北京：中国科学技术出版社

何堂坤，赵丰. 1998. 中国文化史通志·纺织与矿冶志. 上海：上海人民出版社

河南省文物考古研究所，周口市文化局. 2000. 鹿邑太清宫长子口墓. 郑州：中州古籍出版社

河南省文物考古研究所等编. 1999. 三门峡虢国墓. 北京：文物出版社

河南省文物研究所等. 1992. 登封王城岗与阳城. 北京：文物出版社

湖北省博物馆. 1989. 曾侯乙墓. 北京：文物出版社

湖北省博物馆等. 1986. 鄂城汉三国六朝铜镜. 北京：文物出版社

湖北省黄石市博物馆等. 1980. 铜绿山——中国古矿冶遗址. 北京：文物出版社

湖北省荆沙铁路考古队编. 1991. 包山楚墓. 北京：文物出版社

湖南省博物馆，湖南省文物考古研究所，长沙市博物馆，长沙市文物考古研究所. 2000. 长沙楚墓. 北京：文物出版社

湖南省博物馆编. 1983. 湖南省博物馆. 北京：文物出版社；东京：株式会社讲谈社

黄石市博物馆. 1999. 铜绿山古矿冶遗址. 北京：文物出版社

黄石市博物馆. 1999. 铜绿山古矿冶遗址. 北京：文物出版社

江西省文物考古研究所等. 1997. 铜岭古铜矿遗址发现与研究. 南昌：江西科学技术出版社

金秋鹏主编. 1999. 图说中国古代科技. 郑州：大象出版社

李京华著. 2003. 中原古代冶金技术研究（二）. 郑州：中州古籍出版社
李经纬主编. 1992. 中国古代医史图录. 北京：人民卫生出版社
林士民. 1999. 青瓷与越窑. 上海：上海古籍出版社
林元雄等. 1987. 中国井盐科技史. 成都：四川省科学技术出版社
凌业勤. 1987. 中国古代传统铸造技术. 北京：科学技术文献出版社
刘长乐主编. 1992. 中华古文明大图集. 北京：人民日报出版社等
刘志远. 1958. 四川汉代画像砖艺术. 北京：中国古典艺术出版社
刘志远. 1983. 四川汉代画像砖与汉代社会. 北京：文物出版社
陆德庆主编. 1992. 中国石桥. 北京：人民交通出版社
罗树宝主编. 1998. 中国古代印刷史图册. 北京：文物出版社；香港：香港城市大学出版社
泉州民居编委会. 1996. 泉州民居. 福州：海风出版社
山东文物事业管理局，山东美术出版社编. 1996. 山东文物精粹. 济南：山东美术出版社
沈能毅. 1943. 国帆船法式. 景行斋丛刊
史金波，雅森·吾守尔. 2000. 中国活字印刷术的发明和早期传播. 北京：社会科学文献出版社
唐寰澄编著. 1987. 中国古代桥梁. 北京：文物出版社
王冠倬编著. 2000. 中国古船图谱. 北京：生活·读书·新知三联书店
文物出版社编. 1989. 中国重大考古发现. 北京：文物出版社
闻宥. 1955. 四川汉代画像选集. 上海：群益出版社
吴方等. 1992. 中国文化史图鉴. 太原：山西教育出版社
项春松编. 1984. 辽代壁画选. 上海：上海人民美术出版社
新疆维吾尔自治区博物馆出土文物展览工作组编. 1972. 丝绸之路汉唐织物. 北京：文物出版社
徐毅英主编. 1995. 徐州汉画像石. 北京：中国世界语出版社
杨维增新注. 1987. 天工开物. 南昌：江西科技出版社
杨育彬，袁广阔主编. 1997. 20 世纪河南考古发现与研究. 郑州：中州古籍出版社
印刷之光编辑委员会编. 2000. 印刷之光：光明来自东方. 杭州：浙江人民美术出版社
中国古代科技文物展编委会. 1997. 中国古代科技文物展. 北京：朝华出版社
中国国家博物馆编. 1989. 中国古代史参考图录·原始社会. 上海：上海教育出版社
中国美术全集编辑委员会编. 1985，1987. 中国美术全集·工艺美术编·印染织绣（上、下）. 北京：文物出版社
中国美术全集编辑委员会编. 1985. 中国美术全集·绘画编·敦煌壁画（上、下）. 上海：上海人民美术出版社
中国美术全集编辑委员会编. 1988. 中国美术全集·绘画编·画像石画像砖. 北京：文物出版社
中国社会科学院考古研究所编著. 1980. 中国古代天文文物图集. 北京：文物出版社
中国文物精华编辑委员会编. 1993. 中国文物精华. 北京：文物出版社
中国艺术研究院音乐研究所编著. 1988. 中国音乐史图鉴. 北京：人民音乐出版社
《中华算盘精品鉴赏》编委会. 1995. 中华算盘精品鉴赏. 西安：陕西科学技术出版社
周成编著. 1995. 中国古代交通图典. 北京：中国世界语出版社
周到等. 1985. 河南汉代画像砖. 上海：上海人民美术出版社

后　记

《中国科学技术史·图录卷》是在坎坷、曲折中问世出版的。

1992～2002年，本卷主编金秋鹏先生以十年的不懈努力，收集了大量在科学技术史上颇有价值的图像资料，赴全国各地拍摄了与科学技术发展进程相关的许多文物、实物，完成了本卷图片的收集及分类工作。然而，天有不测风云。2002年4月13日，金秋鹏先生因病告别人世。在他生活的最后几个月，本卷图片整理暨完成本书工作成为他最大的牵挂。随着金先生仙逝，他对本卷的创意、策划、主旨、图像来龙去脉等，成了缺失可控鼠标的电脑储存而难以利用。

幸好，金秋鹏先生的夫人吴佩卿女士平时对金先生的工作有所关注，也熟悉图书资料工作。《中国科学技术史》编委会决定由吴佩卿接续图录卷的组织工作，邀请所内外各行专家从事编纂，并由我协助吴佩卿完成金先生之愿。吴佩卿担当了这一工作的枢纽之责，在各专家间来回联络，协助收集、选取图片资料，并在金先生的电脑库中提取所需图片，直到分类编排、统校全书清样等。在各位专家努力下，在对金秋鹏先生工作的大力支持中，本书得以呈今日之貌，展现于读者面前。

参与本卷编纂执笔者如下：

曾雄生：第一章，农学与生物学。

廖育群：第二章，医药学。

陈美东：第三章，天文学。

郭书春：第四章，数学。

杨文衡：第五章，地学；第十四章，水利。

戴念祖：第六章，物理学；第八章，建筑；第十六章，度量衡。

周嘉华：第七章，化学；第十七章，陶瓷与漆器。

赵翰生：第九章，桥梁；第十章，纺织。

何堂坤：第十一章，矿冶。

武家璧：第十二章，车辆。

杨丽凡：第十三章，造船与航海。

潘吉星：第十五章，造纸与印刷。

王兆春：第十八章，军事技术。

王扬宗：第十九章，西学东渐。

特别需要指出的是，中国科学院自然科学史研究所程占京、李映新二位同志对本卷的劳心付出。他们或扫描加工，或录入图像和文字，不厌其烦，辛苦尤重。科学出版社孔国平、卜新先生等对本书关心、支持，并在编辑过程中提出许多有益建议。《中国科学技术史》编委会向他们表示敬意和感谢！

书中或有不足、缺点和错误，祈识者指正。

戴念祖

2007年11月30日

总　跋

凡是听到编著《中国科学技术史》计划的人士，都称道这是一个宏大的学术工程和文化工程。确实，要完成一部30卷本、2000余万字的学术专著，不论是在科学史界，还是在科学界都是一件大事。经过同仁们10年的艰辛努力，现在这一宏大的工程终于完成，本书得以与大家见面了。此时此刻，我们在兴奋、激动之余，脑海中思绪万千，感到有很多话要说，又不知从何说起。

可以说，这一宏大的工程凝聚着几代人的关切和期望，经历过曲折的历程。早在1956年，中国自然科学史研究委员会曾专门召开会议，讨论有关的编写问题，但由于三年困难、“四清”、“文革”，这个计划尚未实施就夭折了。1975年，邓小平同志主持国务院工作时，中国自然科学史研究室演变为自然科学史研究所，并恢复工作，这个打算又被提到议事日程，专门为此开会讨论。而年底的“反右倾翻案风”，又使设想落空。打倒“四人帮”后，自然科学史研究所再次提出编著《中国科学技术史丛书》的计划，被列入中国科学院哲学社会科学部的重点项目，作了一些安排和分工，也编写和出版了几部著作，如《中国科学技术史稿》、《中国天文学史》、《中国古代地理学史》、《中国古代生物学史》、《中国古代建筑技术史》、《中国古桥技术史》、《中国纺织科学技术史(古代部分)》等，但因没有统一的组织协调，《丛书》计划半途而废。1978年，中国社会科学院成立，自然科学史研究所划归中国科学院，仍一如既往为实现这一工程而努力。80年代初期，在《中国科学技术史稿》完成之后，自然科学史研究所科学技术通史研究室就曾制订编著断代体多卷本《中国科学技术史》的计划，并被列入中国科学院重点课题，但由于种种原因而未能实施。1987年，科学技术通史研究室又一次提出了编著系列性《中国科学技术史丛书》(现定名《中国科学技术史》)的设想和计划。经广泛征询，反复论证，多方协商，周详筹备，1991年终于在中国科学院、院基础局、院计划局、院出版委领导的支持下，列为中国科学院重点项目，落实了经费，使这一工程得以全面实施。我们的老院长、副委员长卢嘉锡慨然出任本书总主编，自始至终关心这一工程的实施。

我们不会忘记，这一工程在筹备和实施过程中，一直得到科学界和科学史界前辈们的鼓励和支持。他们在百忙之中，或致书，或出席论证会，或出任顾问，提出了许多宝贵的意见和建议。特别是他们关心科学事业，热爱科学事业的精神，更是一种无形的力量，激励着我们克服重重困难，为完成肩负的重任而奋斗。

我们不会忘记，作为这一工程的发起和组织单位的自然科学史研究所，历届领导都予以高度重视和大力支持。他们把这一工程作为研究所的第一大事，在人力、物力、时间等方面都给予必要的保证，对实施过程进行督促，帮助解决所遇到的问题。所图书馆、办公室、科研处、行政处以及全所的同仁，也都给予热情的支持和帮助。

这样一个宏大的工程，单靠一个单位的力量是不可能完成的。在实施过程中，我们得到了北京大学、中国人民解放军军事科学院、中国科学院上海硅酸盐研究所、中国水利水电科学研究院、铁道部大桥管理局、北京科技大学、复旦大学、东南大学、大连海事大学、武汉交通科技大学、中国社会科学院考古研究所、温州大学等单位的大力支持，他们为本单位参加编撰人员提

供了种种方便，保证了编著任务的完成。

为了保证这一宏大工程得以顺利进行，中国科学院基础局还指派了李满园、刘佩华二位同志，与自然科学史研究所领导（陈美东、王渝生先后参加）及科研处负责人（周嘉华参加）组成协调小组，负责协调、监督工作。他们花了大量心血，提出了很多建议和意见，协助解决了不少困难，为本工程的完成做出了重要贡献。

在本工程进行的关键时刻，我们遇到经费方面的严重困难。对此，国家自然科学基金委员会给予了大力资助，促成了本工程的顺利完成。

要完成这样一个宏大的工程，离不开出版社的通力合作。科学出版社在克服经费困难的同时，组织精干的专门编辑班子，以最好的纸张，最好的质量出版本书。编辑们不辞辛劳，对书稿进行认真地编辑加工，并提出了很多很好的修改意见。因此，本书能够以高水平的编辑，高质量的印刷，精美的装帧，奉献给读者。

我们还要提到的是，这一宏大工程，从设想的提出，意见的征询，可行性的论证，规划的制订，组织分工，到规划的实施，中国科学院自然科学史研究所科技通史研究室的全体同仁，特别是杜石然先生，做了大量的工作，作出了巨大的贡献。参加本书编撰和组织工作的全体人员，在长达 10 年的时间内，同心协力，兢兢业业，无私奉献，付出了大量的心血和精力。他们的敬业精神和道德学风，是值得赞扬和敬佩的。

在此，我们谨对关心、支持、参与本书编撰的人士表示衷心的感谢，对已离我们而去的顾问和编写人员表达我们深切的哀思。

要将本书编写成一部高水平的学术著作，是参与编撰人员的共识，为此还形成了共同的质量要求：

1. 学术性。要求有史有论，史论结合，同时把本学科的内史和外史结合起来。通过史论结合，内外史结合，尽可能地总结中国科学技术发展的经验和教训，尽可能把中国有关的科技成就和科技事件，放在世界范围内进行考察，通过中外对比，阐明中国历史上科学技术在世界上的地位和作用。整部著作都要求言之有据，言之成理，经得起时间的考验。

2. 可读性。要求尽量地做到深入浅出，力争文字生动流畅。

3. 总结性。要求容纳古今中外的研究成果，特别是吸收国内外最新的研究成果，以及最新的考古文物发现，使本书充分地反映国内外现有的研究水平，对近百年来有关中国科学技术史的研究作一次总结。

4. 准确性。要求所征引的史料和史实准确有据，所得的结论真实可信。

5. 系统性。要求每卷既有自己的系统，整部著作又形成一个统一的系统。

在编写过程中，大家都是朝着这一方向努力的。当然，要圆满地完成这些要求，难度很大，在目前的条件下也难以完全做到。至于做得如何，那只有请广大读者来评定了。编写这样一部大型著作，缺陷和错讹在所难免，我们殷切地期待着各界人士能够给予批评指正，并提出宝贵意见。

《中国科学技术史》编委会

1997 年 7 月